



(10) **DE 11 2018 002 089 T5** 2020.01.02

(12)

## Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2018/194034**  
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2  
IntPatÜG)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2018 002 089.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2018/015747**

(86) PCT-Anmeldetag: **16.04.2018**

(87) PCT-Veröffentlichungstag: **25.10.2018**

(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **02.01.2020**

(51) Int Cl.: **G01N 27/409 (2006.01)**  
**G01N 27/41 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

<b>2017-084568</b>	<b>21.04.2017</b>	<b>JP</b>
<b>2018-018540</b>	<b>05.02.2018</b>	<b>JP</b>

(71) Anmelder:

**DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref.,  
JP**

(74) Vertreter:

**KUHNEN & WACKER Patent- und  
Rechtsanwaltsbüro PartG mbB, 85354 Freising,  
DE**

(72) Erfinder:

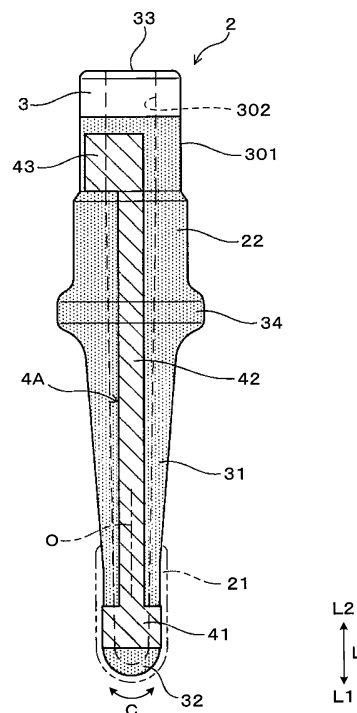
**Nakae, Makoto, Kariya-city, Aichi-pref., JP; Imada,  
Shota, Kariya-city, Aichi-pref., JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Gassensor**

(57) Zusammenfassung: Ein Gassensor beinhaltet ein Sensorelement (2), und das Sensorelement (2) beinhaltet einen bodenförmigen und rohrförmigen Festelektrolyten (3), eine Detektionselektrode (4A), die auf einer Außenfläche des Festelektrolyten (3) vorgesehen ist, eine Referenzelektrode, die auf einer Innenfläche des Festelektrolyten (3) vorgesehen ist. Die Detektionselektrode (4A) des Sensorelements (2) beinhaltet einen Detektionselektrodenabschnitt (41), der an einer Position auf einer Spitzenseite (L1) einer axialen Richtung (L) vorgesehen ist, einen Befestigungselektrodenabschnitt (43), der an einer Position auf einer Basisendseite (L2) der axialen Richtung (L) vorgesehen ist, und einen Leitungselektrodenabschnitt (42), der an einer Position vorgesehen ist, an der der Detektionselektrodenabschnitt (41) mit dem Befestigungselektrodenabschnitt (43) verbunden ist. Zwischen einem Rohr (31) des Festelektrolyten (3) und jedem des Befestigungselektrodenabschnitts (43) und des Leitungselektrodenabschnitts (42) ist eine Isolierschicht (22) vorgesehen.



**Beschreibung**

[Querverweis auf ähnliche Anmeldungen]

**[0001]** Diese Anmeldung basiert auf der am 21. April 2017 eingereichten japanischen Patentanmeldung Nr. 2017-084568 und der am 5. Februar 2018 eingereichten japanischen Patentanmeldung Nr. 2018-018540, deren Inhalte durch Verweis hierin aufgenommen sind.

[Technisches Gebiet]

**[0002]** Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf einen Gassensor mit einem Sensorelement, in dem Elektroden auf einem Festelektrolyten vorgesehen sind.

[Stand der Technik]

**[0003]** Ein Gassensor, der in einem Abgasrohr eines Verbrennungsmotors angeordnet ist, verwendet das im Abgas strömende Abgas als Detektionsgas (Messgas) und erfasst das Gas beispielsweise anhand einer Differenz in der Sauerstoffkonzentration zwischen dem Detektionsgas und Referenzgas, wie beispielsweise Luft. So wird beispielsweise der Gassensor als Sauerstoffsensor verwendet, der erfasst, ob sich ein aus der Zusammensetzung des Abgases erhaltenes Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors auf einer kraftstoffreichen Seite oder auf einer kraftstoffarmen Seite in Bezug auf ein theoretisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis befindet, oder als Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor, der ein aus dem Abgas erhaltenes Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors quantitativ erfasst.

**[0004]** Der Gassensor beinhaltet ein bodenförmiges bzw. becherartiges und rohrförmiges Sensorelement, in dem Elektroden auf einer Innenfläche und einer Außenfläche eines bodenförmigen und rohrförmigen Festelektrolyten oder eines plattenförmigen Sensorelements angeordnet sind, in dem Elektroden auf beiden Oberflächen eines plattenförmigen Festelektrolyten angeordnet sind. Wenn der Gassensor als Sauerstoffsensor verwendet wird, erfasst der Gassensor auf der Grundlage einer Differenz der Sauerstoffkonzentration zwischen dem Detektionsgas und dem Referenzgas eine elektromotorische Kraft, die zwischen dem Elektrodenpaar durch den Festelektrolyten erzeugt wird. Wenn der Gassensor als Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor verwendet wird, wird eine Spannung zwischen dem Elektrodenpaar angelegt, und auf der Grundlage der Sauerstoffkonzentration des Detektionsgases erfasst der Gassensor einen elektrischen Strom, der zwischen dem Elektrodenpaar durch den Festelektrolyten fließt.

**[0005]** Im bodenförmigen und rohrförmigen Sensorelement wird in vielen Fällen eine dem Detektions-

gas ausgesetzte Detektionselektrode mit einem Detektionsabschnitt und einem Leitungsabschnitt gebildet. Der Detektionsabschnitt ist an einem gesamten Umfang eines spitzenseitigen Abschnitts des Festelektrolyten ausgebildet und wird durch einen Heizabschnitt einer Heizung auf eine Solltemperatur erwärmt. Der Leitungsabschnitt wird vom Erfassungsabschnitt zu einer Basisendseite geführt. Es ist bekannt, dass zwischen dem Leitungsabschnitt und dem Festelektrolyten eine Isolierschicht vorgesehen ist, so dass die Bewegung von Sauerstoff durch den Festelektrolyten nur im Detektionsabschnitt erfolgt.

**[0006]** Beispiele für ein solches Sensorelement sind ein Sauerstoffsensor, der in der Patentliteratur 1 beschrieben ist. Im Sauerstoffsensor ist zwischen einem Festelektrolyten und einem Leitungsabschnitt einer Detektionselektrode eine Isolierschicht aus einem Isolator vorgesehen, und die Isolierschicht definiert einen Bereich der Detektionselektrode, der bei der Gasdetektion funktioniert.

[Zitatliste]

[Patentliteratur]

**[0007]** (PTL 1) JP 6-201641 A

[Kurzfassung der Erfindung]

**[0008]** Als Ergebnis intensiver Studien haben die Erfinder festgestellt, dass in einer Umgebung, in der ein Basisendseitenabschnitt des Sensorelements eine hohe Temperatur von 400°C oder mehr erreicht, selbst wenn das Detektionsgas eine Zusammensetzung aufweist, die es ermöglichen soll, dass ein Sensorausgang des Gassensors ein Ausgang mit dem theoretischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis ist, in einigen Fällen Abweichungen im Sensorausgang auftreten und der Sensorausgang kein Ausgang ist, der dem theoretischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis entspricht. Die Erfinder haben festgestellt, dass dies darauf zurückzuführen ist, dass, wenn der Basisendseitenabschnitt des Sensorelements eine hohe Temperatur erreicht hat, der Festelektrolyt, der Leitungsabschnitt der Detektionselektrode und eine Referenzelektrode am Basisendseitenabschnitt des Sensorelements aktiviert werden, und somit Sauerstoff im Referenzgas, wie beispielsweise Luft, die am Basisendseitenabschnitt des Sensorelements vorhanden ist, durch den Festelektrolyten bewegt wird, so dass ein Leckstrom zwischen dem Leitungsabschnitt der Detektionselektrode und der Referenzelektrode erzeugt wird. Es wurde festgestellt, dass insbesondere der Leckstrom an einem Teil des Leitungsabschnitts der Detektionselektrode erzeugt wird, an dem eine Anschlussmetallarmatur bzw. ein Anschlussmetallfitting befestigt ist.

**[0009]** In der Patentliteratur 1 und dergleichen ist die Isolierschicht an einem Teil der Detektionselektrode, der dem Detektionsgas ausgesetzt ist, oder am Leitungsabschnitt vorgesehen. Während jedoch der Spitzenseitenabschnitt des Sensorelements dem Detektionsgas ausgesetzt ist, ist der Basisendseitenabschnitt des Sensorelements an einem Gehäuse befestigt und somit nicht dem Detektionsgas ausgesetzt. Die Isolierschicht der Patentliteratur 1 wird bereitgestellt, um den Bereich der Detektionselektrode zu definieren, der während der Gasdetektion funktioniert. Dementsprechend ist die Isolierschicht nicht dafür ausgelegt, an einem Basisendseitenabschnitt des Leitungsabschnitts vorgesehen zu sein, der nicht dem Detektionsgas ausgesetzt ist und an dem die Anschlussmetallarmatur bzw. das Anschlussmetallfitting befestigt ist.

**[0010]** Die vorliegende Offenbarung soll einen Gassensor bereitstellen, der in der Lage ist, die Genauigkeit der Gaserkennung zu verbessern, indem er verhindert, dass ein Leckstrom zwischen einem Befestigungselektrodenabschnitt einer Detektionselektrode und einer Referenzelektrode erzeugt wird.

#### [Lösung des Problems]

**[0011]** Ein Aspekt der vorliegenden Offenbarung ist ein Gassensor mit einem Sensorelement, wobei: das Sensorelement einen Festelektrolyten beinhaltet, der eine bodenförmige und rohrförmige Form aufweist und in dem ein Spitzenabschnitt eines Rohres mit einer rohrförmigen Form davon durch einen Boden mit einer gekrümmten Oberfläche, eine Detektionselektrode, die zumindest auf einer Außenfläche des Rohres vorgesehen ist und einem Detektionsgas ausgesetzt ist, das zu einer Außenseite des Festelektrolyten geführt ist, und eine Referenzelektrode blockiert wird, die zumindest auf einer Innenfläche des Rohres vorgesehen ist und einem Referenzgas ausgesetzt ist, das zu einer Innenseite des Festelektrolyten geführt ist; die Detektionselektrode einen Detektionselektrodenabschnitt beinhaltet, der an einem gesamten Umfang oder einem Teil in Umfangsrichtung um eine Mittelachse des Rohres an einer Position auf einer Spitzenseite einer Axialrichtung entlang der Mittelachse vorgesehen ist, einen Befestigungselektrodenabschnitt, der an einem gesamten Umfang oder einem Teil in Umfangsrichtung des Rohres an einer Position auf einer Basisendseite der Axialrichtung vorgesehen ist und mit einer an einem Außenumfang des Rohres befestigten Endmetallarmatur in Kontakt steht, und einen Leitungselektrodenabschnitt, der an einem Teil in Umfangsrichtung des Rohres an einer Position vorgesehen ist, an der der Detektionselektrodenabschnitt mit dem Befestigungselektrodenabschnitt verbunden ist und der in einem Formationsbereich in Umfangsrichtung kleiner als ein Formationsbereich in Umfangsrichtung des Befestigungselektrodenabschnitts ausgebildet ist; und eine Isolier-

schicht, die den Festelektrolyten von dem Befestigungselektrodenabschnitt und dem Leitungselektrodenabschnitt isoliert, zwischen dem Rohr des Festelektrolyten und jedem der Befestigungselektrodenabschnitte und dem Leitungselektrodenabschnitt vorgesehen ist.

#### [Vorteilhafte Effekte der Erfindung]

**[0012]** Im Gassensor ist die Isolierschicht nicht nur zwischen dem Leitungselektrodenabschnitt der Detektionselektrode und dem Festelektrolyten, sondern auch zwischen dem Befestigungselektrodenabschnitt der Detektionselektrode, an dem der Anschlussmetallfitting befestigt ist, und dem Festelektrolyten vorgesehen. Wenn also ein Basisendseitenabschnitt des Sensorelements auf eine hohe Temperatur von 400°C oder mehr erwärmt wird, ist es möglich, zu verhindern, dass ein Leckstrom zwischen dem Befestigungselektrodenabschnitt der Detektionselektrode und der Referenzelektrode durch Aktivierung des Festelektrolyten und Bewegung von Sauerstoff im Referenzgas in Kontakt mit dem Basisendseitenabschnitt des Sensorelements erzeugt wird.

**[0013]** Dementsprechend ist es in einem Fall, in dem der Gassensor als Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor verwendet wird, möglich zu verhindern, dass ein Offsetstrom in einen Ausgangsstrom als Sensorausgang mit einem Luft-Kraftstoff-Verhältnis nahe dem theoretischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis einbezogen wird, selbst wenn der Basisendseitenabschnitt des Sensorelements einer Hochtemperaturumgebung von 400°C oder mehr ausgesetzt ist. Darüber hinaus ist es in einem Fall, in dem der Gassensor als Sauerstoffsensor verwendet wird, möglich zu verhindern, dass eine Fehlerspannung als Sensorausgang in eine Ausgangsspannung einbezogen wird, selbst wenn der Basisendseitenabschnitt des Sensorelements einer Hochtemperaturumgebung von 400°C oder mehr ausgesetzt ist.

**[0014]** Daher kann der Gassensor die Genauigkeit der Gasdetektion verbessern, indem er verhindert, dass ein Leckstrom zwischen dem Befestigungselektrodenabschnitt der Detektionselektrode bzw. Messelektrode und der Referenzelektrode erzeugt wird.

**[0015]** Referenzzeichen in Klammern für Komponenten, die in einem Aspekt der vorliegenden Offenbarung dargestellt sind, deuten auf eine Entsprechung mit Referenzzeichen in den Zeichnungen von Ausführungsformen hin, beschränken die Komponenten jedoch nicht nur auf die Komponenten der Ausführungsformen.

## Figurenliste

**[0016]** Objekte, Merkmale, Vorteile und dergleichen der vorliegenden Offenbarung werden durch die folgende detaillierte Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigegeführten Zeichnungen näher erläutert. Die Zeichnungen der vorliegenden Offenbarung stellen sich wie folgt dar.

**Fig. 1** ist eine erklärende Ansicht, die einen Querschnitt eines Gassensors gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

**Fig. 2** ist eine erklärende Ansicht, die einen Bildungszustand einer Detektionselektrode eines Sensorelements gemäß Ausführungsform 1 darstellt.

**Fig. 3** ist eine erklärende Ansicht, die einen Querschnitt durch einen Spitzenabschnitt des Sensorelements gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

**Fig. 4** ist eine erklärende Ansicht, die einen Zustand zeigt, in dem der Gassensor gemäß Ausführungsform 1 in einem Abgasrohr eines Verbrennungsmotors angeordnet ist.

**Fig. 5** ist eine erklärende Ansicht, die einen Querschnitt eines Spitzenabschnitts des Sensorelements zeigt, der in einem anderen Detektionsverfahren gemäß Ausführungsform 1 verwendet wird.

**Fig. 6** ist eine erklärende Ansicht, die einen Bildungszustand einer Detektionselektrode eines anderen Sensorelements gemäß Ausführungsform 1 darstellt.

**Fig. 7** ist eine erklärende Ansicht, die einen Querschnitt eines Spitzenabschnitts eines anderen Sensorelements gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

**Fig. 8** ist eine perspektivische Ansicht, die eine Anschlussmetallarmatur zeigt, die gemäß Ausführungsform 2 am Sensorelement befestigt wird.

**Fig. 9** ist eine erklärende Ansicht, die einen vergrößerten Teil eines Querschnitts der Anschlussmetallarmatur zeigt, die gemäß Ausführungsform 2 am Sensorelement zu befestigen ist.

**Fig. 10** ist eine erklärende Ansicht, die einen vergrößerten Teil eines Querschnitts der Anschlussmetallarmatur zeigt, die gemäß Ausführungsform 3 am Sensorelement zu befestigen ist.

**Fig. 11** ist ein Diagramm, das eine Beziehung zwischen einer Temperatur des Sensorelements und einer Ausgangsverschiebungsgröße des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses gemäß Bestätigungstest 1 darstellt.

**Fig. 12** ist ein Diagramm, das eine Beziehung zwischen einer Dicke einer Isolierschicht und einer Ausgangsverschiebungsgröße des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses gemäß Bestätigungstest 2 zeigt.

**Fig. 13** ist ein Diagramm, das eine Beziehung zwischen einer Temperatur des Sensorelements und einem Verschiebungsbetrag der Ausgangsspannung gemäß Bestätigungstest 3 darstellt.

**Fig. 14** ist ein Diagramm, das einen Zusammenhang zwischen einer Dicke der Isolierschicht und einem Verschiebungsbetrag der Ausgangsspannung gemäß Bestätigungstest 4 darstellt.

**Fig. 15** ist ein Diagramm, das einen Zusammenhang zwischen einem Neigungswinkel einer geneigten Oberfläche und der Anzahl des Auftretens von Fehlern in der Isolierschicht gemäß Bestätigungstest 5 zeigt.

[Beschreibung der Ausführungsformen]

**[0017]** Bevorzugte Ausführungsformen des oben beschriebenen Gassensors werden anhand der Zeichnungen beschrieben.

<Ausführungsform 1>

**[0018]** Wie in den **Fig. 1** bis **Fig. 3** dargestellt, beinhaltet ein Gassensor 1 der vorliegenden Ausführungsform ein Sensorelement 2, und das Sensorelement 2 beinhaltet einen Festelektrolyten 3 mit einer bodenförmigen Rohrform, eine Detektionselektrode 4A und eine Referenzelektrode 4B. Der Festelektrolyt 3 weist bei einer Aktivierungstemperatur eine Ionenleitfähigkeit auf und weist ein Rohr 31 mit rohrförmiger Form und einen Boden 32 mit einer gekrümmten Oberfläche auf, der einen Spitzenabschnitt des Rohres 31 blockiert. Die Detektionselektrode 4A ist eine Elektrode, die auf einer Außenfläche 301 des Rohres 31 vorgesehen ist und dem Detektionsgas G ausgesetzt ist, das zu einer Außenseite des Festelektrolyten 3 geführt wird. Die Referenzelektrode 4B ist eine Elektrode, die auf einer Innenfläche 302 des Rohres 31 und des Bodens 32 vorgesehen ist und dem Referenzgas A ausgesetzt ist, das zu einer Innenseite des Festelektrolyten 3 geführt wird.

**[0019]** Die Detektionselektrode 4A beinhaltet einen Detektionselektrodenabschnitt 41, einen Befestigungselektrodenabschnitt 43 und einen Leitungselektrodenabschnitt 42. Wie in **Fig. 2** dargestellt, ist der Detektionselektrodenabschnitt 41 an einem gesamten Umfang in Umfangsrichtung C um eine Mittelachse O des Rohres 31 an einer Position auf einer Spitzenseite L1 einer Axialrichtung L entlang der Mittelachse O vorgesehen. Wie in **Fig. 1** und **Fig. 2** dargestellt, ist der Befestigungselektrodenabschnitt 43 an einem Teil in Umfangsrichtung C des Rohres 31 an einer Position auf einer Basisendseite L2 der Axi-

alrichtung L vorgesehen und steht in Kontakt mit einer an einem Außenumfang des Rohres **31** befestigten Klemmetallarmatur **71**. Wie in **Fig. 2** dargestellt, ist der Leitungselektrodenabschnitt **42** an einem Teil in Umfangsrichtung **C** des Rohres **31** an einer Stelle vorgesehen, an der der Detektionselektrodenabschnitt **41** mit dem Befestigungselektrodenabschnitt **43** verbunden ist und in einem Formationsbereich in Umfangsrichtung **C** kleiner als ein Formationsbereich in Umfangsrichtung **C** des Befestigungselektrodenabschnitts **43** ausgebildet ist.

**[0020]** Wie in den **Fig. 2** und **Fig. 3** dargestellt, ist zwischen dem Rohr **31** des Festelektrolyten **3** und jeweils dem Befestigungselektrodenabschnitt **43** und dem Leitungselektrodenabschnitt **42** eine Isolierschicht **22** vorgesehen, die den Festelektrolyten **3** vom Befestigungselektrodenabschnitt **43** und dem Leitungselektrodenabschnitt **42** isoliert. In den **Fig. 2**, **Fig. 5**, **Fig. 6** und **Fig. 8** wird zum besseren Verständnis die Detektionselektrode **4A** durch diagonales Schraffieren und ein Abschnitt, in dem die Isolierschicht **22** auf einer Oberfläche freiliegt, durch Gitterschraffur gekennzeichnet.

**[0021]** Wie in **Fig. 8** dargestellt, wird im Sensorelement **2** und im Gassensor **1** der Ausführungsformen **1** und **2** eine Richtung entlang der Mittelachse **O** des Sensorelements **2** als axiale Richtung **L**, eine Richtung um die Mittelachse **O** des Sensorelements **2** als Umfangsrichtung **C** und eine von der Mittelachse **O** des Sensorelements **2** ausgehende Richtung als radiale Richtung **R** bezeichnet. Darüber hinaus wird im Sensorelement **2** und im Gassensor **1** eine Seite, auf der die Unterseite **32** des Sensorelements **2** vorgesehen ist, als Spitzenseite **L1** und eine der Spitzenseite **L1** gegenüberliegende Seite **L1** als Basisendseite **L2** bezeichnet.

**[0022]** Der Gassensor **1** der vorliegenden Ausführungsform wird im Folgenden ausführlich beschrieben.

(Verbrennungsmotor **8**)

**[0023]** Wie in **Fig. 4** dargestellt, ist der Gassensor **1** in einem Abgasrohr **81** angeordnet, in dem das von einem Verbrennungsmotor (Motor) **8** eines Fahrzeugs abgegebene Abgas strömt. Der Gassensor **1** erfasst Gas unter Verwendung des im Abgasrohr **81** strömenden Abgases als Detektionsgas **G** und unter Verwendung von Luft als Referenzgas **A**. Der Gassensor **1** der vorliegenden Ausführungsform wird als Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor verwendet, der ein aus der Zusammensetzung des Abgases erhaltenes Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors **8** erhält. Der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor kann das Luft-Kraftstoff-Verhältnis aus einem kraftstoffreichen Zustand, in dem ein Verhältnis von Kraftstoff zu Luft größer ist als ein theoretisches Luft-Kraftstoff-Ver-

hältnis zu einem kraftstoffarmen Zustand, in dem das Verhältnis von Kraftstoff zu Luft kleiner ist als das theoretische Luft-Kraftstoff-Verhältnis, quantitativ und kontinuierlich erfassen.

**[0024]** Wie in **Fig. 3** dargestellt, legt eine Spannungsanlerschaltung **11** im Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor eine vorgegebene Spannung an, um eine Grenzstromkennlinie zwischen der Detektionselektrode **4A**, die auf einer Oberfläche des Festelektrolyten **3** vorgesehen ist und dem Detektionsgas **G** und der Referenzelektrode **4B**, die auf der anderen Oberfläche des Festelektrolyten **3** vorgesehen ist und dem Referenzgas **A** ausgesetzt ist, zu zeigen. Während die Spannung angelegt wird, erfasst eine Stromerfassungsschaltung **12** einen zwischen der Detektionselektrode **4A** und der Referenzelektrode **4B** erzeugten Grenzstrom durch den Festelektrolyten **3**. Mit anderen Worten, wenn eine Änderung der Sauerstoffkonzentration des Abgases als Detektionsgas **G** auftritt, tritt eine Änderung der Bewegungsmenge und der Bewegungsrichtung von Sauerstoffionen ( $O^{2-}$ ) zwischen der Detektionselektrode **4A** und der Referenzelektrode **4B** auf, und das Luft-Kraftstoff-Verhältnis auf der kraftstoffreichen Seite und der kraftstoffarmen Seite wird quantitativ in einem vorbestimmten Erfassungsbereich erfasst. Wie in **Fig. 1** dargestellt, sind die Spannungsanlerschaltung **11** und die Stromerkennungsschaltung **12** in einer Steuereinheit **10**, wie beispielsweise einer Sensorsteuereinheit, aufgebaut.

**[0025]** Da die Spannung zwischen der Detektionselektrode **4A** und der Referenzelektrode **4B** angelegt wird, bewegen sich im Luft-Kraftstoff-Verhältnis auf der kraftstoffarmen Seite Sauerstoffionen ( $O^{2-}$ ) von der Detektionselektrode **4A** zur Referenzelektrode **4B** durch den Festelektrolyten **3**. Andererseits, wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis auf der kraftstoffreichen Seite liegt, bewegen sich Sauerstoffionen ( $O^{2-}$ ) aufgrund einer chemischen Reaktion von unverbranntem Gas in der Detektionselektrode **4A** von der Referenzelektrode **4B** zur Detektionselektrode **4A** durch den Festelektrolyten **3**.

**[0026]** Wie in **Fig. 5** dargestellt, kann der Gassensor **1** auch als Sauerstoffsensor verwendet werden, der durch EIN/AUS bestimmt, ob sich das aus der Zusammensetzung des Abgases resultierende Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors **8** auf der kraftstoffreichen Seite oder auf der kraftstoffarmen Seite befindet. Im Sauerstoffsensor erfasst eine elektromotorische Kraftersfassungsschaltung **13** auf der Grundlage einer Differenz in der Sauerstoffkonzentration zwischen Luft als Referenzgas **A** in Kontakt mit der Referenzelektrode **4B** und Abgas als Detektionsgas **G** in Kontakt mit der Detektionselektrode **4A** eine zwischen der Detektionselektrode **4A** und der Referenzelektrode **4B** erzeugte elektromotorische Kraft durch den Festelektrolyten **3**. Die elek-

tromotorische Krafterfassungsschaltung **13** ist in der Sensorsteuerung ausgebildet. Darüber hinaus kann der Sauerstoffsensord auf Basis der zwischen der Detektionselektrode **4A** und der Referenzelektrode **4B** erzeugten elektromotorischen Kraft auch die Sauerstoffkonzentration des Abgases quantitativ erfassen.

**[0027]** Der Gassensor **1** wird verwendet, um das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors **8** in der Nähe des theoretischen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses zu halten, bei dem die katalytische Aktivität eines im Abgasrohr **81** angeordneten Dreiwege-Katalysators effektiv dargestellt wird. Der Gassensor **1** kann an einer Position auf einer stromaufwärts gerichteten Seite oder einer stromabwärts gerichteten Seite eines Abgasstroms aus einer Anordnungsposition des Dreiwegekatalysators im Abgasrohr **81** angeordnet sein. Insbesondere kann der Gassensor **1** der vorliegenden Ausführungsform an der stromabwärts gelegenen Stelle im Abgasrohr **81** angeordnet werden, an der das Abgas eine niedrigere Temperatur aufweist.

**[0028]** Wie in **Fig. 4** dargestellt, sind im Abgasrohr **81** der vorliegenden Ausführungsform zwei in Strömungsrichtung des Abgases angeordnete Katalysatoren **82A** und **82B** angeordnet. Die beiden Katalysatoren **82A** und **82B** sind ein stromaufwärts gerichteter Katalysator **82A** (auch als S/C (Start Converter) Katalysator bezeichnet), der sich auf der stromaufwärts gerichteten Seite befindet, und ein stromabwärts gerichteter Katalysator **82B** (auch als U/F (Under Floor) Katalysator bezeichnet), der sich auf der stromabwärts gerichteten Seite des stromaufwärts gerichteten Katalysators **82A** befindet. Der Gassensor **1** der vorliegenden Ausführungsform ist an einer Position angeordnet, die sich auf der stromabwärts gerichteten Seite des Abgasstroms des stromaufwärts gerichteten Katalysators **82A** im Abgasrohr **81** und auf der stromaufwärts gerichteten Seite des Abgasstroms des stromabwärts gerichteten Katalysators **82B** im Abgasrohr **81** befindet. Mit anderen Worten, der Gassensor **1** der vorliegenden Ausführungsform ist an einer Stelle zwischen dem stromaufwärtsseitigen Katalysator **82A** und dem stromabwärtsseitigen Katalysator **82B** in Strömungsrichtung des Abgases im Abgasrohr **81** angeordnet.

**[0029]** Darüber hinaus ist ein weiterer Gassensor **1A** an einer Position auf der stromaufwärts gerichteten Seite vom stromaufwärts gerichteten Katalysator **82A** im Abgasrohr **81** angeordnet. Der Gassensor **1A** fungiert als Sensor für das Luft-Kraftstoff-Verhältnis. Die beiden Gassensoren **1** und **1A** werden verwendet, um ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases zu erfassen. Unter Verwendung des von den beiden Gassensoren **1** und **1A** empfangenen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses stellt ein ECU (Motorsteuergerät) den Öffnungsgrad eines Kraftstoffeinspritzventils in einem

Ansaugrohr ein, um das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors **8** zu steuern.

**[0030]** Der Gassensor **1** der vorliegenden Ausführungsform kann an einer Position auf der stromaufwärts gerichteten Seite vom stromaufwärts gerichteten Katalysator **82A** im Abgasrohr **81** angeordnet werden. Im Abgasrohr **81** ist typischerweise der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor an einer Position auf der stromaufwärts gerichteten Seite des stromaufwärts gerichteten Katalysators **82A** und der Sauerstoff-Sensor an einer Position auf der stromabwärts gerichteten Seite des stromaufwärts gerichteten Katalysators **82A** angeordnet.

**[0031]** Insbesondere wenn der Gassensor **1** an einer stromabwärts gelegenen Stelle im Abgasrohr **81** angeordnet ist, weist das mit dem Gassensor **1** in Kontakt stehende Abgas eine niedrigere Temperatur auf, so dass Kondenswasser eher mit dem Gassensor **1** kollidiert. Das Sensorelement **2** der vorliegenden Ausführungsform beinhaltet den Festelektrolyten **3** mit einer bodenförmigen Rohrform (Becherform), wodurch wasserinduzierte Rissbildung durch das Kondenswasser im Abgasrohr **81** wirksam verhindert wird.

(Sensorelement 2)

**[0032]** Wie in den **Fig. 2** und **Fig. 3** dargestellt, enthält der Festelektrolyt **3** des Sensorelements **2** Zirkoniumdioxid als Hauptkomponente und besteht aus stabilisiertem Zirkoniumdioxid oder teilstabilisiertem Zirkoniumdioxid, das durch Ersetzen eines Teils des Zirkoniums durch ein Seltenerdmetall-Element oder ein Erdalkalimetallelement erhalten wurde. Der Festelektrolyt **3** kann aus yttriumoxidstabilisiertem Zirkoniumoxid oder yttriumoxidteilstabilisiertem Zirkoniumoxid bestehen. Bei einer vorbestimmten Aktivierungstemperatur weist der Festelektrolyt **3** eine Ionenleitfähigkeit auf, die es ermöglicht, Sauerstoffionen ( $O^{2-}$ ) zu leiten. Die Detektionselektrode **4A** und die Referenzelektrode **4B** enthalten Platin als Edelmetall, das eine katalytische Aktivität für Sauerstoff aufweist.

**[0033]** Der Boden **32** des Festelektrolyten **3** weist eine halbkugelförmige Oberfläche auf, und das Rohr **31** des Festelektrolyten **3** hat eine zylindrische Form. Eine Öffnung **33**, die es ermöglicht, dass das Referenzgas **A** in eine Innenseite des Festelektrolyten **3** strömt, wird an einer Position auf einer dem Boden **32** gegenüberliegenden Seite in der axialen Richtung **L** des Festelektrolyten **3** gebildet. Ein Außendurchmesser jedes Abschnitts in der axialen Richtung **L** des Rohres **31** variiert entsprechend unter Berücksichtigung der Befestigung an einem Gehäuse **61**.

**[0034]** An einem Spitzenabschnitt des Sensorelements **2** ist eine Schutzschicht **21** aus poröser Ke-

ramik vorgesehen, die zumindest einen ganzen Abschnitt des Detektionselektrodenabschnitts **41** der Detektionselektrode **4A** bedeckt. Die Schutzschicht **21** des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors der vorliegenden Ausführungsform hat eine Funktion als Diffusionswiderstandsschicht, die die Diffusion des Abgases als Detektionsgas **G** begrenzt. Wenn eine vorgegebene Spannung zwischen der Detektionselektrode **4A** und der Referenzelektrode **4B** angelegt wird, wird ein Durchfluss des durch die Schutzschicht **21** strömenden Detektionsgases **G** begrenzt und ein Sensorausgang entsprechend der Sauerstoffkonzentration des Detektionsgases **G** erhalten. Die Schutzschicht **21** hat auch die Funktion, zu verhindern, dass die Detektionselektrode **4A** vergiftet oder mit Wasser benetzt wird. Darüber hinaus kann außerhalb der Schutzschicht **21** als Diffusionswiderstandsschicht eine poröse Schicht zum Verhindern einer Vergiftung oder Benetzung der Detektionselektrode **4A** mit Wasser vorgesehen werden.

**[0035]** Bei Verwendung des Gassensors **1** als Sauerstoffsensor hat die Schutzschicht **21** hauptsächlich die Funktion, zu verhindern, dass die Detektionselektrode **4A** vergiftet oder mit Wasser benetzt wird. In diesem Fall kann die Schutzschicht **21** aus einer Mehrzahl von Schichten gebildet werden, die aus porösen Materialien bestehen, die sich in ihrer Porenrate, Zusammensetzung oder dergleichen unterscheiden.

**[0036]** Wie in den **Fig. 1** und **Fig. 3** dargestellt, ist die Referenzelektrode **4B** auf einem ganzen Abschnitt der Innenfläche **302** des Festelektrolyten **3** vorgesehen. Eine innere Anschlussmetallarmatur **72** ist an einem Abschnitt auf der Basisendseite **L2** der Innenfläche **302** des Festelektrolyten **3** befestigt, so dass die innere Anschlussmetallarmatur **72** mit einem Abschnitt auf der Basisendseite **L2** der Referenzelektrode **4B** in Kontakt steht. Da der Gassensor **1** der vorliegenden Ausführungsform als Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor verwendet wird, bewirkt eine zwischen der Referenzelektrode **4B** und der Detektionselektrode **4A** angelegte Spannung, dass die Referenzelektrode **4B** und die innere Anschlussmetallarmatur **72** positiv und die Detektionselektrode **4A** und die Anschlussmetallarmatur **71** negativ sind.

**[0037]** Ähnlich wie die Detektionselektrode **4A** kann die Referenzelektrode **4B** als Teilelektrode ausgebildet sein und aus einem Detektionselektrodenabschnitt, der sich an einer äußersten Position auf der Spitzenseite **L1** befindet, einem Befestigungselektrodenabschnitt, der sich an einer äußersten Position auf der Basisendseite **L2** befindet, und einem Leitungselektrodenabschnitt, der den Detektionselektrodenabschnitt mit dem Befestigungselektrodenabschnitt verbindet, bestehen.

**[0038]** Der Detektionselektrodenabschnitt **41** der Detektionselektrode **4A** ist ein Abschnitt der Detektionselektrode **4A**, der tatsächlich eine Gasdetektion, wie beispielsweise eine Luft-Kraftstoff-Verhältnisdetektion, durchführt. Mit anderen Worten, in der Detektionselektrode **4A** ist nur der Detektionselektrodenabschnitt **41** direkt auf der Außenfläche **301** des Festelektrolyten **3** ohne die dazwischenliegende Isolierschicht **22** vorgesehen. Um die Genauigkeit der Gasdetektion zu stabilisieren, d.h. um Schwankungen in der Ausgabe des Gassensors **1** zu reduzieren, wird im Sensorelement **2** ein Bereich des Detektionselektrodenabschnitts **41** definiert. Der Detektionselektrodenabschnitt **41** wird durch eine im Festelektrolyten **3** des Sensorelements **2** angeordnete Heizung **5** auf eine Solltemperatur erwärmt.

**[0039]** Der Leitungselektrodenabschnitt **42** der Detektionselektrode **4A** ist an einer einzigen Position in Umfangsrichtung **C** am Festelektrolyten **3** ausgebildet. Der Leitungselektrodenabschnitt **42** ist parallel zur Mittelachse **O** des Rohres **31** des Festelektrolyten **3** und der Axialrichtung **L** ausgebildet. Das heißt, beide Seitenenden in Umfangsrichtung **C** des Leitungselektrodenabschnitts **42** sind parallel zur Axialrichtung **L**.

**[0040]** Der Befestigungselektrodenabschnitt **43** der Detektionselektrode **4A** ist in Umfangsrichtung **C** an einer Position auf der Basisendseite **L2** auf der Außenfläche **301** des Festelektrolyten **3** ausgebildet. Der Befestigungselektrodenabschnitt **43** der vorliegenden Ausführungsform ist nur an einem Teil in Umfangsrichtung **C** der Außenfläche **301** des Festelektrolyten **3** ausgebildet.

**[0041]** Wie in **Fig. 3** dargestellt, ist die auf der Außenfläche **301** des Sensorelements **2** vorgesehene Isolierschicht **22** nicht zwischen dem Rohr **31** und dem Detektionselektrodenabschnitt **41** vorgesehen. Die Isolierschicht **22** ist an einem ganzen Abschnitt des Bodens **32**, einem ganzen Abschnitt zwischen dem Rohr **31** und dem Leitungselektrodenabschnitt **42** und einem ganzen Abschnitt zwischen dem Rohr **31** und dem Befestigungselektrodenabschnitt **43** vorgesehen. Der Befestigungselektrodenabschnitt **43** der vorliegenden Ausführungsform ist nicht an einer Position eines Basisendes der Außenfläche **301** des Sensorelements **2** vorgesehen. Der Befestigungselektrodenabschnitt **43** kann an der Position des Basisendes der Außenfläche **301** des Sensorelements **2** vorgesehen werden.

**[0042]** In der vorliegenden Ausführungsform ist die Isolierschicht **22** nicht an einer Stelle vorgesehen, an der der Detektionselektrodenabschnitt **41** ausgebildet ist, und die Isolierschicht **22** ist an der Unterseite **32** und an der Basisendseite des Detektionselektrodenabschnitts **41** vorgesehen. Die Detektionselektrode **4A** ist kontinuierlich vom Detektionselektroden-

abschnitt **41** zu einer Außenfläche der am Boden **32** vorgesehenen Isolierschicht **22** vorgesehen. Dies erleichtert die Bildung der Elektrode **4A**. Aufgrund der Anwesenheit der Isolierschicht **22** funktioniert ein unterer Elektrodenabschnitt **411**, der auf der Außenfläche der Isolierschicht **22** am unteren **32** vorgesehen ist, nicht als Elektrode, die Sauerstoffionen (**O<sub>2</sub>-**) leitet.

**[0043]** Wie in **Fig. 6** dargestellt, kann der Befestigungselektrodenabschnitt **43** der Detektionselektrode **4A** an einem gesamten Umfang in Umfangsrichtung **C** des Festelektrolyten **3** ausgebildet sein. Darüber hinaus ist der Detektionselektrodenabschnitt **41** der Detektionselektrode **4A** nicht unbedingt am gesamten Umfang in Umfangsrichtung **C** des Festelektrolyten **3** ausgebildet. Wie in den **Fig. 6** und **Fig. 7** dargestellt, darf die Isolierschicht **22** nur auf der Basisendseite des Detektionselektrodenabschnitts **41** und nicht auf der Außenfläche **301** des Bodens **32** vorgesehen sein.

**[0044]** Wie in **Fig. 3** dargestellt, wird die Detektionselektrode **4A** durch Plattieren eines Elektrodenmaterials auf der Außenfläche **301** des Festelektrolyten **3** gebildet, und die Referenzelektrode **4B** wird durch Plattieren eines Elektrodenmaterials auf der Innenfläche **302** des Festelektrolyten **3** gebildet. Die Isolierschicht **22** wird gebildet, indem auf die Außenfläche **301** des Festelektrolyten **3** eine Dämmstoffpaste aufgebracht und die Paste zusammen mit dem Festelektrolyten **3** gesintert wird. Wenn die Isolierschicht **22** gebildet wird, wird ein Teil der Außenfläche **301** des Festelektrolyten **3**, auf dem der Detektionselektrodenabschnitt **41** gebildet werden soll, mit einem Band oder dergleichen abgedeckt. Durch Auftragen der Paste auf die Außenfläche **301** des Festelektrolyten **3** mit dem maskierten Abschnitt und Ablösen des Bandes oder dergleichen wird dann die Isolierschicht **22** am maskierten Abschnitt nicht gebildet. Die Isolierschicht **22** besteht aus einem Isoliermaterial, das zumindest eines oder mehrere von Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Spinell ( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ) und Isolierglas enthält. Das Isoliermaterial, das typischerweise für den Gassensor **1** verwendet wird, hat einen hohen spezifischen Widerstand und damit eine ausreichende Isolierwirkung.

**[0045]** Die Isolierschicht **22** der vorliegenden Ausführungsform ist so ausgebildet, dass eine Dicke eines ganzen Abschnitts der Isolierschicht **22** auf der Außenfläche **301** des Festelektrolyten **3** so gleichmäßig wie möglich ist. Ein Abschnitt der Isolierschicht **22**, der sich zwischen dem Rohr **31** und dem Leitungselektrodenabschnitt **42** befindet, und ein Abschnitt der Isolierschicht **22**, der sich zwischen dem Rohr **31** und dem Befestigungselektrodenabschnitt **43** befindet, weisen eine Minstdicke von 4  $\mu\text{m}$  oder mehr auf. Die minimale Dicke ist eine Dicke eines Abschnitts mit einer kleinsten Dicke. Wenn die Mindest-

dicke der Isolierschicht **22** kleiner als 4  $\mu\text{m}$  ist, kann die Isolierschicht **22** eine unzureichende Dämmwirkung haben. Aus fertigungstechnischer Sicht kann die Isolierschicht **22** beispielsweise eine Dicke von **10** aufweisen  $\mu\text{m}$  oder weniger.

(Heizung 5)

**[0046]** Wie in **Fig. 3** dargestellt, ist die Heizung **5** zum Erwärmen des Festelektrolyten **3** innerhalb des Festelektrolyten **3** des Sensorelements **2** angeordnet. Die Heizung **5** beinhaltet die Substrate **51A** und **51B**, die aus Keramik und einem Heizelement **52** bestehen, das auf dem Substrat **51B** vorgesehen ist und aus einem Leiter besteht. Ein Spitzenabschnitt des Heizelements **52** beinhaltet einen Heizabschnitt **521**, der eine kleinste Querschnittsfläche aufweist und beim Einschalten des Heizelements **52** durch Joule-Wärme Wärme erzeugt.

**[0047]** Am Spitzenabschnitt des Heizelements **52** ist der Heizabschnitt **521** so ausgebildet, dass er eine in axialer Richtung **L** mäandrierende Form aufweist. Der Heizabschnitt **521** ist an einer Position angeordnet, die einer inneren Umfangsseite des Detektionselektrodenabschnitts **41** der Detektionselektrode **4A** zugewandt ist, und erwärmt den Festelektrolyten **3**, die Referenzelektrode **4B** und die Detektionselektrode **4A**, so dass der Detektionselektrodenabschnitt **41** eine Solltemperatur erreicht. Das Heizgerät **5** wird durch Wickeln des Substrats **51A**, das als Spindel dient, um das Substrat **51B** gebildet, das eine Blechform aufweist und das Heizelement **52** beinhaltet.

(Andere Konfiguration des Gassensors 1)

**[0048]** Wie in **Fig. 1** dargestellt, beinhaltet der Gassensor **1** neben dem Sensorelement **2** und dem Heizgerät **5** das Gehäuse **61**, das das Sensorelement **2** hält, eine Spitzenseitenabdeckung **62**, die an einem Abschnitt auf der Spitzenseite **L1** des Gehäuses **61** befestigt ist, eine Basisendseitenabdeckung **63**, die an einem Abschnitt auf der Basisendseite **L2** des Gehäuses **61** befestigt ist, wobei die Anschlussmetallarmatur **71** an der Außenfläche **301** eines Abschnitts auf der Basisendseite **L2** des Sensorelements **2** befestigt ist, die Innenseitenmetallverbindung **72** an der Innenfläche **302** des Abschnitts auf der Basisendseite **L2** des Sensorelements **2** befestigt ist, und dergleichen.

(Gehäuse 61)

**[0049]** Wie in **Fig. 1** dargestellt, weist das Gehäuse **61** zur Aufnahme des Sensorelements **2** eine Einführungsöffnung **611** auf, die durch das Gehäuse **61** in axialer Richtung **L** verläuft. Die Einführungsöffnung **611** weist einen Lochabschnitt **612** mit kleinem Durchmesser auf, der sich auf der Spitzenseite **L1** der Axialrichtung **L** befindet, und einen Lochabschnitt



**613** mit großem Durchmesser auf, der sich auf der Basisendseite **L2** der Axialrichtung **L** befindet und einen größeren Durchmesser als der Lochabschnitt **612** mit kleinem Durchmesser aufweist. Das Sensorelement **2** wird in den Lochabschnitt **612** mit kleinem Durchmesser und den Lochabschnitt **613** mit großem Durchmesser der Einführungsbohrung **611** eingesetzt und über ein Dichtungsmaterial **64**, wie beispielsweise Talkumpulver oder eine Hülse, gehalten, das in einem Raum zwischen dem Sensorelement **2** und dem Lochabschnitt **613** mit großem Durchmesser angeordnet ist.

**[0050]** Darüber hinaus ist ein Flanschabschnitt **34**, der ein Abschnitt des Sensorelements **2** mit einem größten Außendurchmesser ist, an einem Ende des Lochabschnitts **612** mit kleinem Durchmesser befestigt. Dadurch wird verhindert, dass das Sensorelement **2** aus der Einführungsöffnung **611** zur Spitze-seite **L1** ragt. Der Abschnitt auf der Basisendseite **L2** in axialer Richtung **L** des Gehäuses **61** beinhaltet einen Crimpabschnitt **615**, der zu einer inneren Umfangsseite gebogen ist. Das Dichtungsmaterial **64** wird in axialer Richtung **L** zwischen dem Crimpabschnitt **615** und dem Flanschabschnitt **34** komprimiert, so dass das Sensorelement **2** vom Gehäuse **61** gehalten wird. Ein Abschnitt auf der Spitze-seite **L1** des Sensorelements **2**, insbesondere ein Abschnitt auf der Spitze-seite **L1** des Sensorelements **2** mit dem Detektionselektrodenabschnitt **41** und dem Leitungselektrodenabschnitt **42**, ist so angeordnet, dass er aus dem Gehäuse **61** zur Spitze-seite **L1** der Axialrichtung **L** ragt.

(Spitzenseitenabdeckung 62 und Basisendseitenabdeckung 63)

**[0051]** Wie in **Fig. 1** dargestellt, ist die spitzen-seitige Abdeckung **62** zum Schutz des Sensorelements **2** durch Abdecken des aus dem Gehäuse **61** zur Spitze-seite **L1** herausragenden Abschnitts des Sensorelements **2** an dem Abschnitt auf der Spitze-seite **L1** in axialer Richtung **L** des Gehäuses **61** befestigt. Die Spitzenseitenabdeckung **62** ist im Auspuffrohr **81** angeordnet. Die stirnseitige Abdeckung **62** weist eine Gasdurchtrittsöffnung **621** auf, durch die das Detektionsgas **G** strömt. Die Seitenabdeckung **62** der Spitze kann eine Doppelstruktur oder eine Einzelstruktur aufweisen. Das Abgas als Detektionsgas **G**, das aus dem Gasdurchlassloch **621** der Spitzenseitenabdeckung **62** in eine Innenseite der Spitzenseitenabdeckung **62** strömt, durchläuft die Schutzschicht **21** des Sensorelements **2** und wird zur Detektionselektrode **4A** geführt.

**[0052]** Die Basisendseitenabdeckung **63** ist an dem Abschnitt auf der Basisendseite **L2** in axialer Richtung **L** des Gehäuses **61** befestigt. Die Basisendseitenabdeckung **63** ist außerhalb des Auspuffrohrs **81** angeordnet. Ein Abschnitt der unteren Basisendsei-

tenabdeckung **63** weist eine Einführungsöffnung **631** zum Einführen von Luft als Referenzgas **A** in eine Innenseite der unteren Endseitenabdeckung **63** auf. An der Einführungsöffnung **631** ist ein Filter **632** angeordnet, der keine Flüssigkeit durchlässt, sondern Gas durchlässt. Das aus der Einführungsbohrung **631** in die Innenseite der Basisendseitenabdeckung **63** eingeleitete Referenzgas **A** durchströmt einen Raum innerhalb der Basisendseitenabdeckung **63** und wird auf der Innenfläche **302** des Sensorelements **2** zur Referenzelektrode **4B** geführt.

**[0053]** Wie in **Fig. 1** dargestellt, ist die Anschlussmetallarmatur **71** in Kontakt mit dem Befestigungselektrodenabschnitt **43** der Detektionselektrode **4A** an der Außenfläche **301** des Abschnitts auf der Basisendseite **L2** des Sensorelements **2** befestigt. Darüber hinaus ist die innere Anschlussmetallarmatur **72** in Kontakt mit dem Abschnitt auf der Basisendseite **L2** der Referenzelektrode **4B** an der Innenfläche **302** des Abschnitts auf der Basisendseite **L2** des Sensorelements **2** befestigt. An der Anschlussmetallarmatur **71** und der inneren Anschlussmetallarmatur **72** ist ein Leitungsdraht **65** zum elektrischen Verbinden der Detektionselektrode **4A** und der Referenzelektrode **4B** des Sensorelements **2** mit der externen Steuereinheit **10** befestigt. Der Zuleitungsdraht **65** wird von einer Buchse **66** gehalten, die innerhalb der Basisendseitenabdeckung **63** angeordnet ist.

(Effekte)

**[0054]** Im Gassensor **1** der vorliegenden Ausführungsform ist die Isolierschicht **22** nicht nur zwischen dem Leitungselektrodenabschnitt **42** der Detektionselektrode **4A** und dem Rohr **31** des Festelektrolyten **3**, sondern auch zwischen dem Befestigungselektrodenabschnitt **43** der Detektionselektrode **4A**, an dem der Anschlussmetallfitting **71** befestigt ist, und dem Rohr **31** des Festelektrolyten **3** vorgesehen. Wenn also der Abschnitt auf der Basisendseite **L2** des Sensorelements **2** auf eine hohe Temperatur von 400°C oder mehr erwärmt wird, ist es möglich zu verhindern, dass ein Leckstrom zwischen dem Befestigungselektrodenabschnitt **43** der Detektionselektrode **4A** und der Referenzelektrode **4B** erzeugt wird.

**[0055]** Dementsprechend ist es in einem Fall, in dem der Gassensor **1** als Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor verwendet wird, möglich zu verhindern, dass ein Offsetstrom in einen Ausgangsstrom einbezogen wird, da der Sensor ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis in der Nähe des theoretischen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses ausgibt, selbst wenn der Abschnitt auf der Basisendseite **L2** des Sensorelements **2** einer Hochtemperaturumgebung von 400°C oder mehr ausgesetzt ist. Darüber hinaus ist es in einem Fall, in dem der Gassensor **1** als Sauerstoffsensor verwendet wird, möglich zu verhindern, dass eine Fehlerspannung als Sensorausgang in eine Ausgangsspannung aufge-

nommen wird, selbst wenn der Abschnitt auf der Basisendseite **L2** des Sensorelements **2** einer Hochtemperaturumgebung von 400°C oder mehr ausgesetzt ist.

**[0056]** In dem Sensorelement **2**, das den Festelektrolyten **3** mit einer bodenförmigen und rohrförmigen Form beinhaltet, neigt ein ganzer Abschnitt des Sensorelements **2** dazu, eine hohe Temperatur zu erreichen, wenn das Abgas eine hohe Temperatur erreicht hat. Es wurde festgestellt, dass in diesem Fall ein winziger Leckstrom zwischen der Referenzelektrode **4B** und der Detektionselektrode **4A** fließt. Bei einem konventionellen Gassensor **1** wurde ein Einfluss des minimalen Leckstroms auf die Erkennungsgenauigkeit des Gassensors **1** nicht als ernsthaftes Problem angesehen. Aus der Sicht der Förderung einer Emissionsreduzierung und eines geringen Kraftstoffverbrauchs in den letzten Jahren hat sich jedoch der Einfluss des geringen Leckstroms auf die Erfassungsgenauigkeit des Gassensors **1**, insbesondere eine Verschiebung eines stöchiometrischen Punktes (ein Punkt, an dem das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases als theoretisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis erkannt wird) durch den geringen elektrischen Strom als Problem erwiesen. Der Gassensor **1** der vorliegenden Ausführungsform löst ein solches neues Problem, das in den letzten Jahren entstanden ist.

**[0057]** Die Isolierschicht **22** der vorliegenden Ausführungsform ist vorgesehen, um nicht nur Schwankungen der Sensorausgabe des Gassensors **1** zu reduzieren, indem sie den Bereich des Bereichs definiert, in dem der Detektionselektrodenabschnitt **41** ausgebildet ist, sondern auch einen Leckstrom zu eliminieren, der durch die Bewegung von Sauerstoff im Referenzgas A verursacht wird, wie beispielsweise Luft durch den Festelektrolyten **3**.

**[0058]** Im Gassensor **1** wird der Festelektrolyt **3** an dem Abschnitt auf der Spitzenseite **L1** des Sensorelements **2** einschließlich des Detektionselektrodenabschnitts **41** der Detektionselektrode **4A** auf eine Temperatur erwärmt, bei der die Sauerstoffionenleitung aktiviert wird. In vielen Fällen wird der Abschnitt auf der Basisendseite **L2** des Sensorelements **2** nicht auf die Temperatur erwärmt, bei der der Festelektrolyt **3** aktiviert wird.

**[0059]** Abhängig von einem Verbrennungsprozess im Verbrennungsmotor **8** erreicht das Abgas jedoch in einigen Fällen eine hohe Temperatur, und der Festelektrolyt **3** am Abschnitt auf der Basisendseite **L2** des Sensorelements **2** wird auf die Temperatur erwärmt, bei der der Festelektrolyt **3** aktiviert wird. In diesem Fall kann Sauerstoff im Referenzgas A, das um die Detektionselektrode **4A** und die Referenzelektrode **4B** herum vorhanden ist, ionisiert werden und durch den Festelektrolyten **3** von der Detektionselektrode **4A** zur Referenzelektrode **4B** geleitet werden.

So werden an dem Abschnitt auf der Basisendseite **L2** des Festelektrolyten **3**, den das Abgas als Detektionsgas **G** nicht erreicht, Sauerstoffionen geleitet und entsprechend ein elektrischer Strom erzeugt. Der elektrische Strom ist kein elektrischer Strom, der aufgrund einer Änderung der Zusammensetzung des Detektionsgases **G** fließt, sondern ein Leckstrom, der einen Fehler bei der Erfassung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses oder dergleichen verursacht.

**[0060]** Wenn der Gassensor **1** als Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor verwendet wird, kann durch eine zwischen der Detektionselektrode **4A** und der Referenzelektrode **4B** anliegende Spannung, so dass sich die Referenzelektrode **4B** auf der positiven Seite befindet, ionisierter Sauerstoff durch den Festelektrolyten **3** von der Detektionselektrode **4A** zur Referenzelektrode **4B** gelangen, was einen Leckstrom verursachen kann. Wenn der Gassensor **1** als Sauerstoffsensor verwendet wird, kann aufgrund einer geringen Differenz zwischen der Sauerstoffkonzentration des Referenzgases A in Kontakt mit der Detektionselektrode **4A** und der Anschlussmetallarmatur **71** und der Sauerstoffkonzentration des Referenzgases A in Kontakt mit der Referenzelektrode **4B** und der inneren Anschlussmetallarmatur **72** ionisierter Sauerstoff durch den Festelektrolyten **3** gelangen, was zu einem Leckstrom führen kann.

**[0061]** Im Gassensor **1** der vorliegenden Ausführungsform kann die Anordnung der Isolierschicht **22** die Erzeugung eines solchen Leckstroms verhindern. Daher kann der Gassensor **1** der vorliegenden Ausführungsform die Genauigkeit der Gasdetektion verbessern, indem er verhindert, dass ein Leckstrom zwischen dem Befestigungselektrodenabschnitt **43** der Detektionselektrode **4A** und der Referenzelektrode **4B** erzeugt wird.

<Ausführungsform 2>

**[0062]** Im Sensorelement **2** der vorliegenden Ausführungsform wurde ein ausgeklügeltes Verfahren eingesetzt, um die zwischen dem Rohr **31** des Festelektrolyten und jeweils dem Leitungselektrodenabschnitt **42** und dem Befestigungselektrodenabschnitt **43** der Detektionselektrode **4A** vorgesehene Isolierschicht **22** zu bilden.

**[0063]** Wie in den **Fig. 8** und **Fig. 9** dargestellt, ist ein Ende auf der Basisendseite **L2** der axialen Richtung **L** der Isolierschicht **22** auf der Basisendseite **L2** eines Endes auf der Basisendseite **L2** der axialen Richtung **L** des Befestigungselektrodenabschnitts **43** vorgesehen. Das Ende auf der Basisendseite **L2** der Isolierschicht **22** bildet einen äußersten Abschnitt der Außenfläche **301** des Rohres **31** und wird auf der Außenfläche **301** des Rohres **31** freigelegt. Darüber hinaus weist das Ende auf der Basisendseite **L2** der Isolierschicht **22** eine geneigte Fläche **221** auf, deren

Dicke in radialer Richtung **R** von der Mittelachse **O** zur Basisendseite **L2** des Rohres **31** hin reduziert ist. Die geneigte Fläche **221** ist eine Fläche, durch die das am Außenumfang des Rohres **31** befestigte Anschlussmetallfitting **71** von der Basisendseite **L2** zur Spitzenseite **L1** des Rohres **31** während der Befestigung des Anschlussmetallfittings **71** geführt wird. Ein allgemeiner Abschnitt der Isolierschicht **22** mit Ausnahme des Endes auf der Basisendseite **L2** der Isolierschicht **22** ist auf der Außenfläche **301** des Festelektrolyten **3** vorgesehen, um eine gleichmäßige Dicke zu erreichen.

**[0064]** In der vorliegenden Ausführungsform kann, wenn die Anschlussmetallarmatur **71** am Festelektrolyten **3** befestigt ist, die Anschlussmetallarmatur **71** mit der geneigten Fläche **221** am Ende der Basisendseite **L2** der Isolierschicht **22** in Kontakt gebracht werden. Anschließend kann die Anschlussmetallarmatur **71** auf die geneigte Fläche **221** geschoben werden. Selbst wenn also die Klemmenbeschlag **71** mit dem Ende auf der Basisendseite **L2** der Isolierschicht **22** in Kontakt gebracht wird, ist ein Abschälen, Absplittern oder dergleichen am Ende auf der Basisendseite **L2** der Isolierschicht **22** weniger wahrscheinlich.

**[0065]** In der vorliegenden Ausführungsform ist ein ganzer Abschnitt der geneigten Fläche **221** am Ende der Basisendseite **L2** der Isolierschicht **22** freigelegt. Alternativ kann der Befestigungselektrodenabschnitt **43** an einem Abschnitt auf der Spitzenseite **L1** der geneigten Fläche **221** vorgesehen werden. In diesem Fall ist nur ein Abschnitt auf der Basisendseite **L2** der geneigten Fläche **221** freigelegt bzw. freigestellt. Die geneigte Oberfläche **221** bildet den äußersten Abschnitt der Außenfläche **301** des Rohres **31** und ist somit eine Oberfläche, die mit dem Anschlussmetallfitting **71** in Kontakt steht, wenn der Anschlussmetallfitting **71** am Festelektrolyten **3** befestigt ist.

**[0066]** Wie in **Fig. 9** dargestellt, weist die geneigte Fläche **221** einen Neigungswinkel  $\theta$  von  $60^\circ$  oder weniger in Bezug auf die Axialrichtung **L** parallel zur Mittelachse **O** auf. Wenn der Neigungswinkel  $\theta$  der Kegelfläche **221**  $60^\circ$  überschreitet, kann es am Ende der Basisendseite **L2** der Isolierschicht **22** zu Schälen, Absplittern oder dergleichen kommen. Bei Verringerung des Neigungswinkels  $\theta$  der geneigten Fläche **221** wird eine Länge in axialer Richtung **L** des Endes auf der Basisendseite **L2** der Isolierschicht **22** vergrößert. Aus fertigungstechnischer Sicht kann die geneigte Fläche **221** daher beispielsweise einen Neigungswinkel  $\theta$  von  $15^\circ$  oder mehr aufweisen.

**[0067]** Anstatt die geneigte Oberfläche **221** am Ende auf der Basisendseite **L2** der Isolierschicht **22** zu bilden, kann an einem Eckabschnitt auf der Basisendseite **L2** der Isolierschicht **22** eine gekrümmte Oberfläche gebildet werden. Auch in diesem Fall ist es

unwahrscheinlicher, dass in der Isolierschicht **22** ein Schälen, Absplittern oder dergleichen stattfindet.

**[0068]** Andere Konfigurationen, Effekte und dergleichen des Gassensors **1** der vorliegenden Ausführungsform sind identisch mit denen von Ausführungsform **1**. Ebenfalls in der vorliegenden Ausführungsform sind die Komponenten, die durch die gleichen Bezugszeichen wie Ausführungsform **1** gekennzeichnet sind, identisch mit denen von Ausführungsform **1**.

<Ausführungsform 3>

**[0069]** Ebenfalls im Sensorelement **2** der vorliegenden Ausführungsform wurde ein ausgeklügeltes Verfahren eingesetzt, um die zwischen dem Rohr **31** des Festelektrolyten und jeweils dem Leitungselektrodenabschnitt **42** und dem Befestigungselektrodenabschnitt **43** der Detektionselektrode **4A** vorgesehene Isolierschicht **22** zu bilden.

**[0070]** Wie in **Fig. 10** dargestellt, ist ein Ende **222** auf der Basisendseite **L2** der axialen Richtung **L** der Isolierschicht **22** der vorliegenden Ausführungsform von der Außenfläche **301** des Rohres **31** bis zu einer Endfläche **311** auf der Basisendseite **L2** des Rohres **31** durchgehend vorgesehen. Ein Eckabschnitt **223** der Isolierschicht **22**, der sich an einem Eckabschnitt auf der Basisendseite **L2** des Rohres **31** befindet, weist vorzugsweise eine gekrümmte Oberfläche oder dergleichen auf. Das Ende **222** der Isolierschicht **22** muss nicht auf einem ganzen Abschnitt der Stirnfläche **311** auf der Basisendseite **L2** des Rohres **31** vorgesehen werden. Das Ende **222** der Isolierschicht **22** ist an einer äußeren Umfangsseitenposition auf der Endfläche **311** auf der Basisendseite **L2** des Rohres **31** vorgesehen, nicht aber an einer mittleren Seitenposition auf der Endfläche **311** auf der Basisendseite **L2** des Rohres **31**.

**[0071]** Wenn auf die Außenfläche **301** des Rohres **31** des Festelektrolyten **3** eine Dämmstoffpaste zum Bilden der Isolierschicht **22** aufgebracht wird, kann die Paste durch ein Rollenübertragungsverfahren auch auf die Endfläche **311** auf der Basisendseite **L2** des Rohres **31** aufgebracht werden. Anschließend kann durch Sintern der Paste zusammen mit dem Festelektrolyten **3** die Isolierschicht **22** aus der Paste gebildet werden.

**[0072]** Ähnlich wie bei der Ausführungsform **2**, auch in der vorliegenden Ausführungsform, ist auch dann, wenn die Anschlussmetallarmatur **71** mit dem Eckabschnitt **223** auf der Basisendseite **L2** der Isolierschicht **22** in Kontakt gebracht wird, ein Abschälen, Abplatzen oder dergleichen am Eckabschnitt **223** auf der Basisendseite **L2** weniger wahrscheinlich. Andere Konfigurationen, Effekte und dergleichen des Gassensors **1** der vorliegenden Ausführungsform sind identisch mit denen von Ausführungsform **1**. Eben-

falls in der vorliegenden Ausführungsform sind die Komponenten, die durch die gleichen Bezugszeichen wie Ausführungsform 1 gekennzeichnet sind, identisch mit denen von Ausführungsform 1.

**[0073]** Die vorliegende Offenbarung beschränkt sich nicht nur auf die oben genannten Ausführungsformen und kann darüber hinaus verschiedene Ausführungsformen darstellen, ohne vom Umfang der vorliegenden Offenbarung abzuweichen.

#### <Bestätigungstest 1>

**[0074]** Es wurde ein Test durchgeführt, um eine Beziehung zwischen einer Temperatur des Sensorelements 2 und einem Fehler im Sensorausgang des Gassensors 1, der als Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor verwendet wird, für den Gassensor 1 (Probe) der Ausführungsform 1, in der die Isolierschicht 22 in das Sensorelement 2 aufgenommen wurde, und einen Gassensor (Vergleichsprobe) zu bestimmen, in dem die Isolierschicht 22 nicht in das Sensorelement 2 aufgenommen wurde. **Fig. 11** zeigt einen Fehler im Sensorausgang des Gassensors 1, bei dem die Temperatur[°C] des Sensorelements 2 entsprechend verändert wurde.

**[0075]** Da der Gassensor 1 von Ausführungsform 1 als Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor verwendet wurde, wurde der Fehler, der im Sensorausgang auftrat, als Ausgangsverschiebungsbetrag [A/F] (ein Betrag der Änderung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses) gemessen, der einen Offsetbetrag von einem Erfassungswert des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses anzeigt. Die Ausgangsverschiebungsgröße ist beispielsweise eine Fehlergröße, die auftritt, wenn ein Erfassungswert des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses von 14,7, also das theoretische Luft-Kraftstoff-Verhältnis, ein Wert ist, der etwas größer als 14,7 ist. Die Temperatur des Sensorelements 2 wurde auf eine Durchschnittstemperatur vom Abschnitt auf der Spitzenseite L1 bis zum Abschnitt auf der Basisendseite L2 der Axialrichtung L des Sensorelements 2 eingestellt. Darüber hinaus wurde eine Dicke des allgemeinen Abschnitts der Isolierschicht 22 auf 10 µm festgelegt.

**[0076]** Wie in **Fig. 11** dargestellt, wurde festgestellt, dass im Gassensor 1 der Probe, wenn die Temperatur des Sensorelements 2 im Hochtemperaturbereich von ca. 280°C oder mehr bis ca. 540°C oder weniger lag, der Ausgangsverschiebungsbetrag des Sensorausgangs fast 0 (Null) betrug. Andererseits wurde festgestellt, dass im Gassensor der Vergleichsprobe, wenn die Temperatur des Sensorelements 2 etwa 420°C oder mehr betrug, die Ausgangsverschiebungsgröße erfasst wurde, und als die Temperatur des Sensorelements 2 stieg, die Ausgangsverschiebungsgröße erhöht wurde. Die Ergebnisse zeigten, dass der Gassensor 1 zum Erfassen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses von Ausführungsform 1 einen zwi-

schen der Referenzelektrode 4B und der Detektionselektrode 4A des Sensorelements 2 erzeugten Leckstrom reduziert hat, so dass nahezu kein Offsetfehler aufgrund des Leckstroms im Sensorausgang auftrat.

#### <Bestätigungstest 2>

**[0077]** Es wurde ein Test durchgeführt, um eine Beziehung zwischen einer Dicke der auf der Außenfläche 301 des Rohres 31 des Festelektrolyten 3 vorgesehenen Isolierschicht 22 und einem Fehler im Sensorausgang des Gassensors 1 zu bestimmen. **Fig. 12** zeigt einen Fehler im Sensorausgang des Gassensors 1 der Ausführungsform 1, bei dem die Dicke [µm] der Isolierschicht 22 entsprechend verändert wurde. Da der Gassensor 1 von Ausführungsform 1 als Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor verwendet wurde, wurde der Fehler, der im Sensorausgang auftrat, als Ausgangsverschiebungsbetrag [A/F] (ein Betrag der Änderung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses) gemessen, der einen Offsetbetrag von einem Erfassungswert des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses anzeigt.

**[0078]** Die Dicke der Isolierschicht 22 wurde auf eine mittlere Dicke des allgemeinen Abschnitts der Isolierschicht 22 eingestellt, mit Ausnahme des Endes auf der Basisendseite L2 der Isolierschicht 22, an dem die geneigte Fläche 221 gebildet wurde. Die Dicke der Isolierschicht 22 war eine Mindestdicke des Abschnitts der Isolierschicht 22, der sich zwischen dem Rohr 31 und dem Leitungselektrodenabschnitt 42 befindet, und des Abschnitts der Isolierschicht 22, der sich zwischen dem Rohr 31 und dem Befestigungselektrodenabschnitt 43 befindet. Die Temperatur des Sensorelements 2, die die Durchschnittstemperatur vom Abschnitt auf der Spitzenseite L1 bis zum Abschnitt auf der Basisendseite L2 der Axialrichtung L des Sensorelements 2 war, wurde auf 550°C eingestellt.

**[0079]** Wie in **Fig. 12** dargestellt, wurde festgestellt, dass mit abnehmender Dicke der Isolierschicht 22 der Ausgangsverschiebungsbetrag des Sensorausgangs erhöht wurde. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass, als die Dicke der Isolierschicht 22 unter 4 µm fiel, die Ausgangsverschiebungsmenge plötzlich erhöht wurde. Dies liegt vermutlich daran, dass, wenn die Dicke der Isolierschicht 22 kleiner als 4 war µm, unter den auf der Oberfläche des Festelektrolyten 3 gebildeten Vorsprüngen und Vertiefungen die Vorsprünge auf der Oberfläche der Isolierschicht 22 erschienen sind und die Isolierschicht 22 daran gehindert hat, den Festelektrolyten 3 vom Befestigungselektrodenabschnitt 43 der Detektionselektrode 4A ausreichend zu isolieren. Um eine ausreichende Isolierung der Isolierschicht 22 zu erhalten, weist die Isolierschicht 22 daher vorzugsweise eine Mindestdicke von 4 µm oder mehr auf.

## &lt;Bestätigungstest 3&gt;

**[0080]** Es wurde ein Test durchgeführt, um eine Beziehung zwischen einer Temperatur des Sensorelements **2** und einem Fehler im Sensorausgang des als Sauerstoffsensor verwendeten Gassensors **1** für den Gassensor **1** (Probe) der Ausführungsform **1**, in der die Isolierschicht **22** im Sensorelement **2** enthalten war, und dem Gassensor (Vergleichsprobe), in dem die Isolierschicht **22** nicht im Sensorelement **2** enthalten war, zu bestimmen. **Fig. 13** zeigt einen Fehler im Sensorausgang des Gassensors **1**, wenn die Temperatur des Sensorelements **2** entsprechend verändert wurde.

**[0081]** Der im Sensorausgang auftretende Fehler wurde als Änderung der Ausgangsspannung (elektromotorische Kraft) des Gassensors **1** gemessen, wobei das Luft-Kraft-Verhältnis des Detektionsgases **G** das theoretische Luft-Kraftstoff-Verhältnis war, wenn die Temperatur des Sensorelements **2** verändert wurde, und die Änderung der Ausgangsspannung des Gassensors **1** durch einen Verschiebungsbetrag[V] der Ausgangsspannung angezeigt wurde. Die Temperatur des Sensorelements **2** wurde auf eine Durchschnittstemperatur vom Abschnitt auf der Spitze L1 bis zum Abschnitt auf der Basisendseite L2 der Axialrichtung L des Sensorelements **2** eingestellt. Darüber hinaus wurde eine Dicke des allgemeinen Abschnitts der Isolierschicht **22** auf 10 µm festgelegt.

**[0082]** Wie in **Fig. 13** dargestellt, wurde festgestellt, dass im Gassensor **1** der Probe, wenn die Temperatur des Sensorelements **2** im Hochtemperaturbereich von ca. 270°C oder mehr bis ca. 600°C oder weniger lag, der Verschiebungsbetrag der Ausgangsspannung fast nahe 0 (Null) lag. Andererseits wurde festgestellt, dass im Gassensor der Vergleichsprobe, wenn die Temperatur des Sensorelements **2** etwa 380°C oder mehr betrug, der Verschiebungsbetrag der Ausgangsspannung erfasst wurde und mit steigender Temperatur des Sensorelements **2** der Verschiebungsbetrag der Ausgangsspannung erhöht wurde. Die Ergebnisse zeigten, dass der Gassensor **1** zum Erfassen der Sauerstoffkonzentration von Ausführungsform **1** einen zwischen der Referenzelektrode **4B** und der Detektionselektrode **4A** des Sensorelements **2** erzeugten Leckstrom reduziert hat, so dass nahezu kein Offsetfehler aufgrund des Leckstroms im Sensorausgang auftrat.

## &lt;Bestätigungstest 4&gt;

**[0083]** Es wurde ein Test durchgeführt, um eine Beziehung zwischen einer Dicke der auf der Außenfläche **301** des Rohres **31** des Festelektrolyten **3** vorgesehenen Isolierschicht **22** und einem Fehler im Sensorausgang des als Sauerstoffsensor verwendeten Gassensors **1** zu bestimmen. **Fig. 14** zeigt ei-

nen Fehler im Sensorausgang des Gassensors **1** der Ausführungsform **1**, bei dem die Dicke[µm] der Isolierschicht **22** entsprechend verändert wurde. Der im Sensorausgang auftretende Fehler wurde als Änderung der Ausgangsspannung (elektromotorische Kraft) des Gassensors **1** gemessen, wobei das Luft-Kraft-Verhältnis des Detektionsgases **G** das theoretische Luft-Kraftstoff-Verhältnis war, wenn die Dicke der Isolierschicht **22** verändert wurde, und die Änderung der Ausgangsspannung des Gassensors **1** durch einen Verschiebungsbetrag[V] der Ausgangsspannung angezeigt wurde. Die Dicke der Isolierschicht **22** und die Temperatur des Sensorelements **2** waren die gleichen wie beim Bestätigungstest **2**.

**[0084]** Wie in **Fig. 14** dargestellt, wurde festgestellt, dass mit abnehmender Dicke der Isolierschicht **22** der Verschiebungsbetrag der Ausgangsspannung erhöht wurde. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass, als die Dicke der Isolierschicht **22** unter 4 µm fiel, die Verschiebungsmenge plötzlich erhöht wurde. Dies liegt vermutlich daran, dass, wenn die Dicke der Isolierschicht **22** kleiner als 4 war µm, unter den auf der Oberfläche des Festelektrolyten **3** gebildeten Vorsprüngen und Vertiefungen die Vorsprünge auf der Oberfläche der Isolierschicht **22** erschienen sind und die Isolierschicht **22** daran gehindert hat, den Festelektrolyten **3** vom Befestigungselektrodenabschnitt **43** der Detektionselektrode **4A** ausreichend zu isolieren. Um eine ausreichende Isolierwirkung der Isolierschicht **22** zu erhalten, weist die Isolierschicht **22** daher vorzugsweise eine Mindestdicke von 4 µm oder mehr auf.

## &lt;Bestätigungstest 5&gt;

**[0085]** Es wurde ein Test durchgeführt, um für den Gassensor **1** der Ausführungsform **2** eine Beziehung zwischen dem Neigungswinkel **0** der geneigten Oberfläche **221** am Ende der Basisendseite L2 der Isolierschicht **22** und der Anzahl der Auftreten von Defekten wie Schälen oder Absplittern in der Isolierschicht **22** zu bestimmen. Die Anzahl der Fehlerstellen wurde beim Schälen oder Absplittern in der Isolierschicht **22** gezählt, während die Anschlussmetallarmatur **71** an der Außenfläche **301** des Festelektrolyten **3** befestigt wurde. Für jeden Neigungswinkel **0** wurde die Isolierschicht **22** 20-mal auf das Auftreten von Schälen oder Absplittern überprüft.

**[0086]** Wie in **Fig. 15** dargestellt, wurde festgestellt, dass bei einem Neigungswinkel **0** der geneigten Fläche **221** von 60° oder weniger kein Ablösen oder Absplittern in der Isolierschicht **22** auftrat. Andererseits wurde festgestellt, dass bei einem Neigungswinkel **0** der geneigten Fläche **221** von 60° das Schälen oder Absplittern mehrfach auftrat. Die Ergebnisse zeigten, dass durch das Einstellen des Neigungswinkels **0** der geneigten Fläche **221** auf 60° oder weniger die Isolierschicht **22** geschützt wurde, während

die Anschlussmetallarmatur **71** am Sensorelement **2**  
montiert wurde.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- JP 2017084568 [0001]
- JP 2018018540 [0001]
- JP 6201641 A [0007]

## Patentansprüche

1. Gassensor (1), umfassend ein Sensorelement (2), wobei:

das Sensorelement das Folgende beinhaltet:  
einen Festelektrolyten (3), der eine bodenförmige Rohrform aufweist und in dem ein Spitzenabschnitt eines Rohres (31) mit einer rohrförmigen Form davon durch einen Boden (32) mit einer gekrümmten Oberfläche blockiert ist,  
eine Detektionselektrode (4A), die zumindest auf einer Außenfläche (301) des Rohres vorgesehen ist und einem Detektionsgas (G) ausgesetzt ist, das zu einer Außenseite des Festelektrolyten geführt wird, und  
eine Referenzelektrode (4B), die zumindest auf einer Innenfläche (302) des Rohres vorgesehen ist und dem Referenzgas (G) ausgesetzt ist, das zu einer Innenseite des Festelektrolyten geführt wird;  
die Detektionselektrode das Folgende beinhaltet:  
einen Detektionselektrodenabschnitt (41), der an einem gesamten Umfang oder einem Teil in Umfangsrichtung (C) um eine Mittelachse (O) des Rohres an einer Position auf einer Spitzenseite einer Axialrichtung (L) entlang der Mittelachse vorgesehen ist,  
einen Befestigungselektrodenabschnitt (43), der an einem gesamten Umfang oder einem Teil in Umfangsrichtung des Rohres an einer Position an einer Basisendseite der Axialrichtung vorgesehen ist und mit einem an einem Außenumfang des Rohres befestigten Anschlussmetallfitting (71) in Kontakt steht, und  
einen Leitungselektrodenabschnitt (42), der an einem Teil in der Umfangsrichtung des Rohres an einer Position vorgesehen ist, an der der Detektionselektrodenabschnitt mit dem Befestigungselektrodenabschnitt verbunden ist und der in einem Formationsbereich in Umfangsrichtung kleiner als ein Formationsbereich in Umfangsrichtung des Befestigungselektrodenabschnitts ausgebildet ist; und  
eine Isolierschicht (22), die den Festelektrolyten von dem Befestigungselektrodenabschnitt isoliert und wobei der Leitungselektrodenabschnitt zwischen dem Rohr des Festelektrolyten und jedem des Befestigungselektrodenabschnitts und des Leitungselektrodenabschnitts vorgesehen ist.

2. Gassensor nach Anspruch 1, wobei der Gassensor auf der Grundlage einer Differenz in der Sauerstoffkonzentration zwischen dem Referenzgas in Kontakt mit der Referenzelektrode und dem Detektionsgas in Kontakt mit der Detektionselektrode eine zwischen der Detektionselektrode und der Referenzelektrode durch den Festelektrolyten erzeugte elektromotorische Kraft erfasst.

3. Gassensor nach Anspruch 1, wobei:  
eine Diffusionswiderstandsschicht (21), die zumindest einen gesamten Abschnitt des Detektionselektrodenabschnitts der Detektionselektrode abdeckt

und die Diffusion des Detektionsgases begrenzt, auf der Außenfläche des Rohres des Festelektrolyten vorgesehen ist; und

während eine Spannung zwischen der Detektionselektrode und der Referenzelektrode angelegt wird, der Gassensor einen zwischen der Detektionselektrode und der Referenzelektrode erzeugten Grenzstrom durch den Festelektrolyten erfasst.

4. Gassensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei:

ein Ende auf der Basisendseite der axialen Richtung der Isolierschicht auf der Basisendseite eines Endes auf der Basisendseite der axialen Richtung des Befestigungselektrodenabschnitts vorgesehen ist, auf der Außenfläche des Rohres freiliegt und eine geneigte Oberfläche (221) aufweist; und  
eine Dicke in einer radialen Richtung (R) von der Mittelachse der geneigten Oberfläche in Richtung der Basisendseite der axialen Richtung des Rohres reduziert wird, so dass das am Außenumfang des Rohres befestigte Anschlussmetallfitting von der Basisendseite in Richtung der Spitzenseite der axialen Richtung des Rohres geführt wird.

5. Gassensor nach Anspruch 4, wobei ein Neigungswinkel der geneigten Oberfläche in Bezug auf die Mittelachse 60° oder weniger beträgt.

6. Gassensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei ein Ende (222) auf der Basisendseite der axialen Richtung der Isolierschicht so vorgesehen ist, dass es von der Außenfläche des Rohres bis zu einer Endfläche (311) auf der Basisendseite des Rohres durchgehend vorgesehen ist.

7. Gassensor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei ein Abschnitt der Isolierschicht, der zwischen dem Rohr und jedem der Befestigungselektrodenabschnitte und dem Leitungselektrodenabschnitt angeordnet ist, eine Mindestdicke von 4 µm oder mehr aufweist.

8. Gassensor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei:

der Festelektrolyt Zirkonoxid enthält;  
die Referenzelektrode und die Detektionselektrode Edelmetall enthalten; und  
die Isolierschicht zumindest eines oder mehrerer von Aluminiumoxid, Spinell und Isolierglas enthält.

9. Gassensor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei:

der Gassensor in einem Abgasrohr (81) eines Verbrennungsmotors (8) angeordnet ist, in dem das Abgas als Detektionsgas strömt;  
ein einzelner Katalysator (82A) oder eine Mehrzahl von Katalysatoren (82A, 82B), die in einer Strömungsrichtung des Abgases angeordnet sind, im Abgasrohr angeordnet sind; und



der Gassensor an einer Position auf einer stromabwärts gelegenen Seite des Abgasstroms von dem zumindest einen Katalysator im Abgasrohr angeordnet ist.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

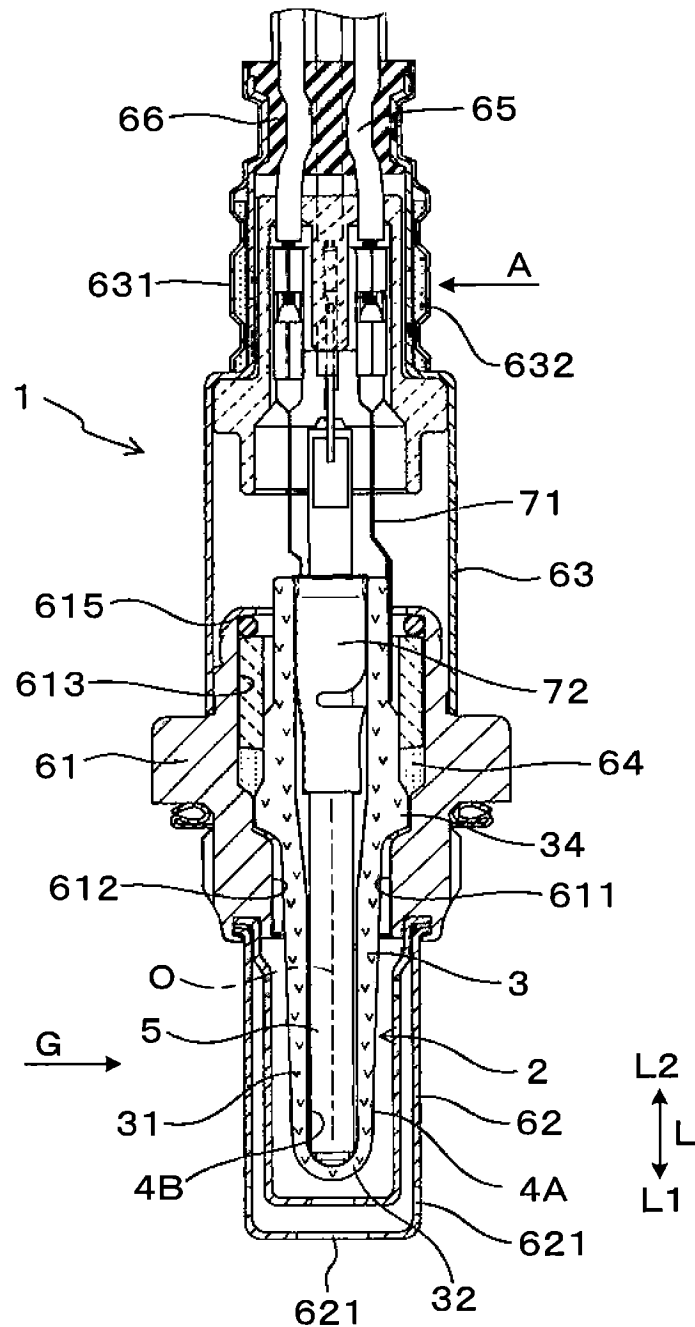


FIG.2

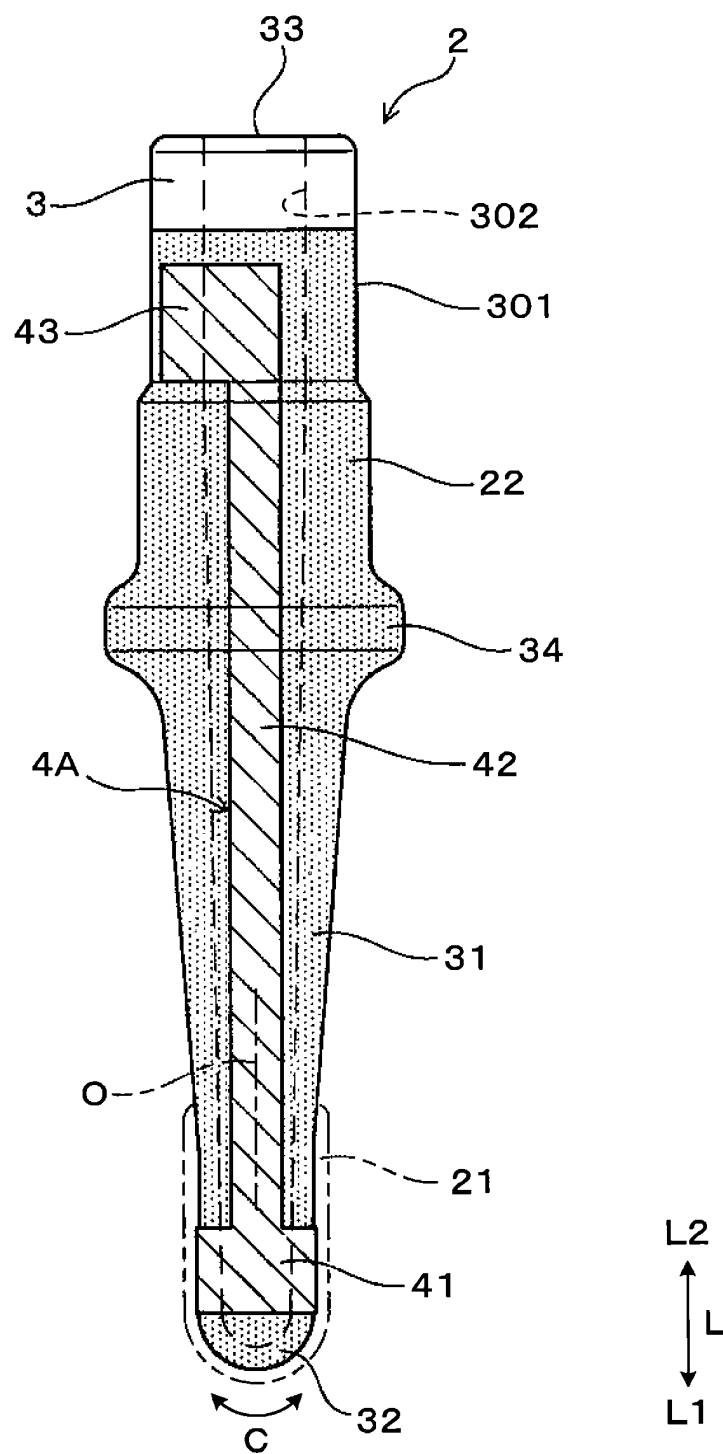


FIG.3

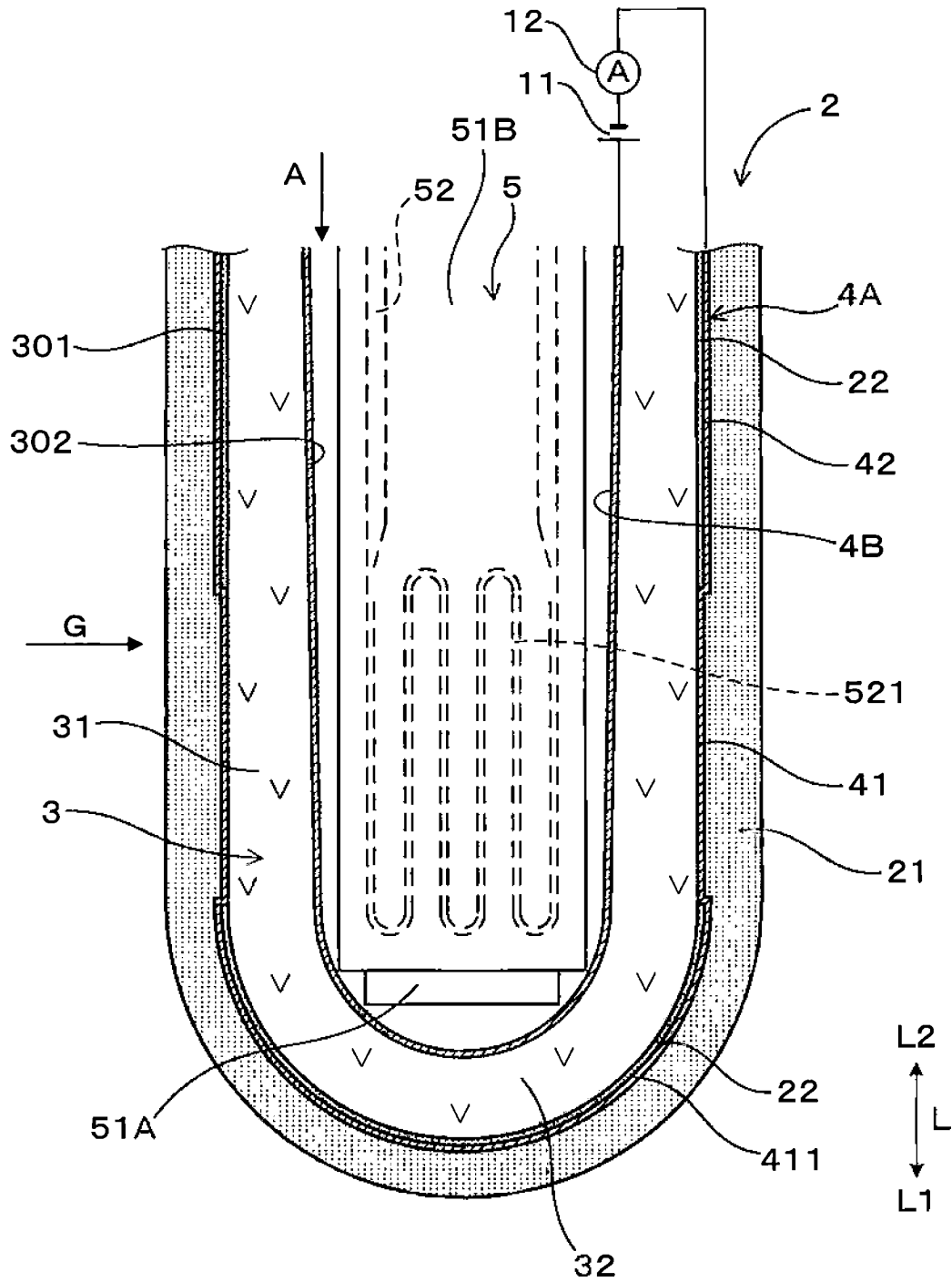


FIG.4

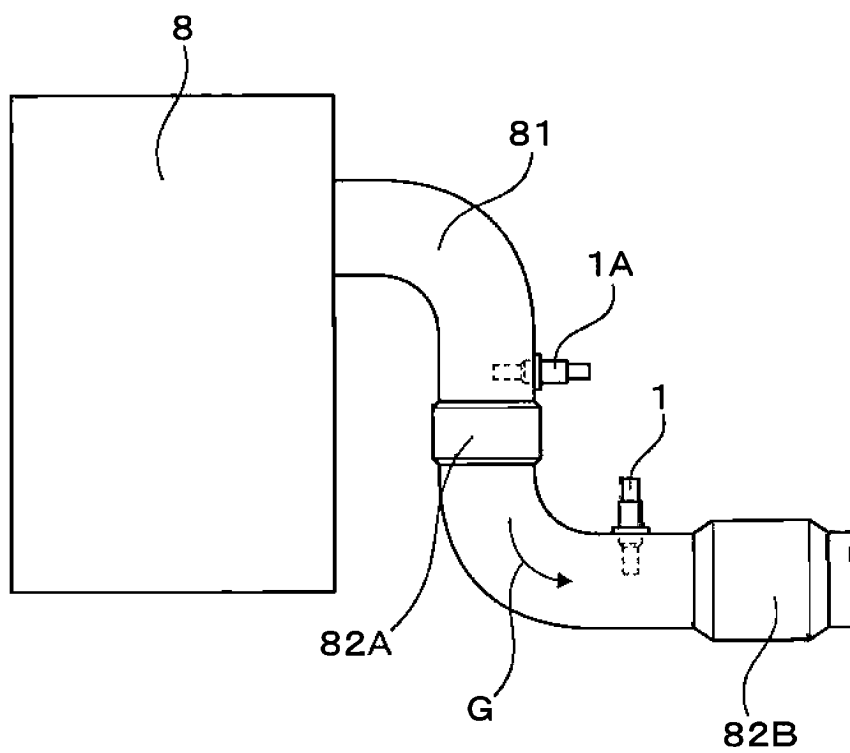


FIG.5

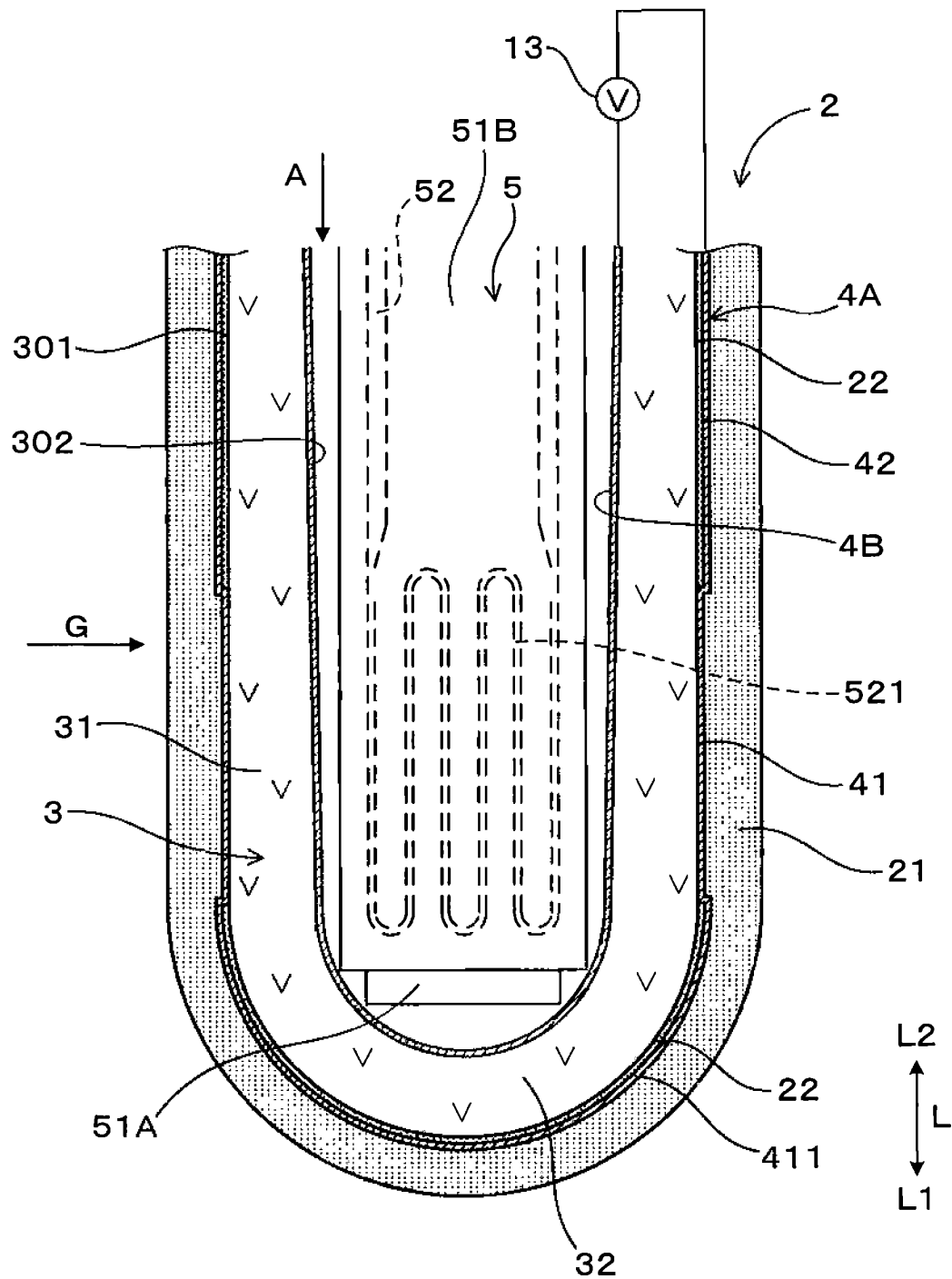


FIG.6

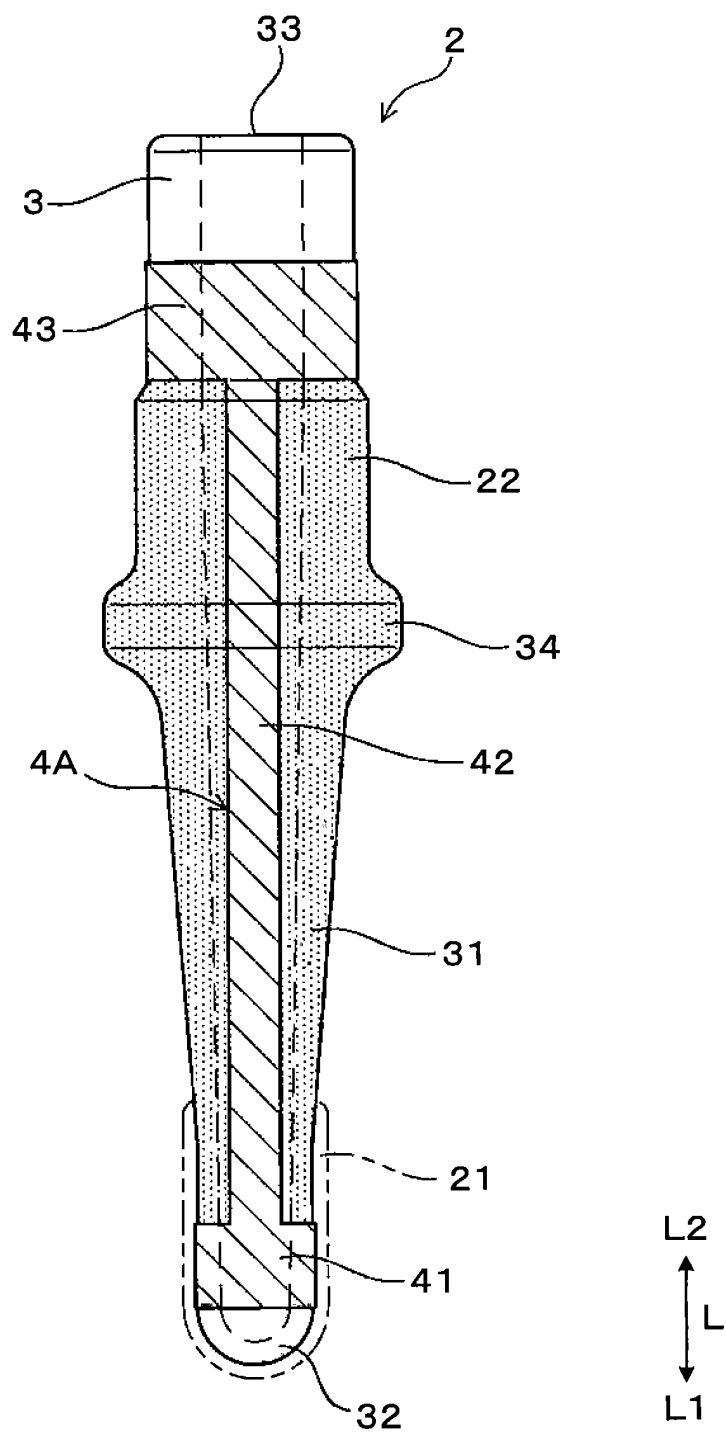


FIG. 7

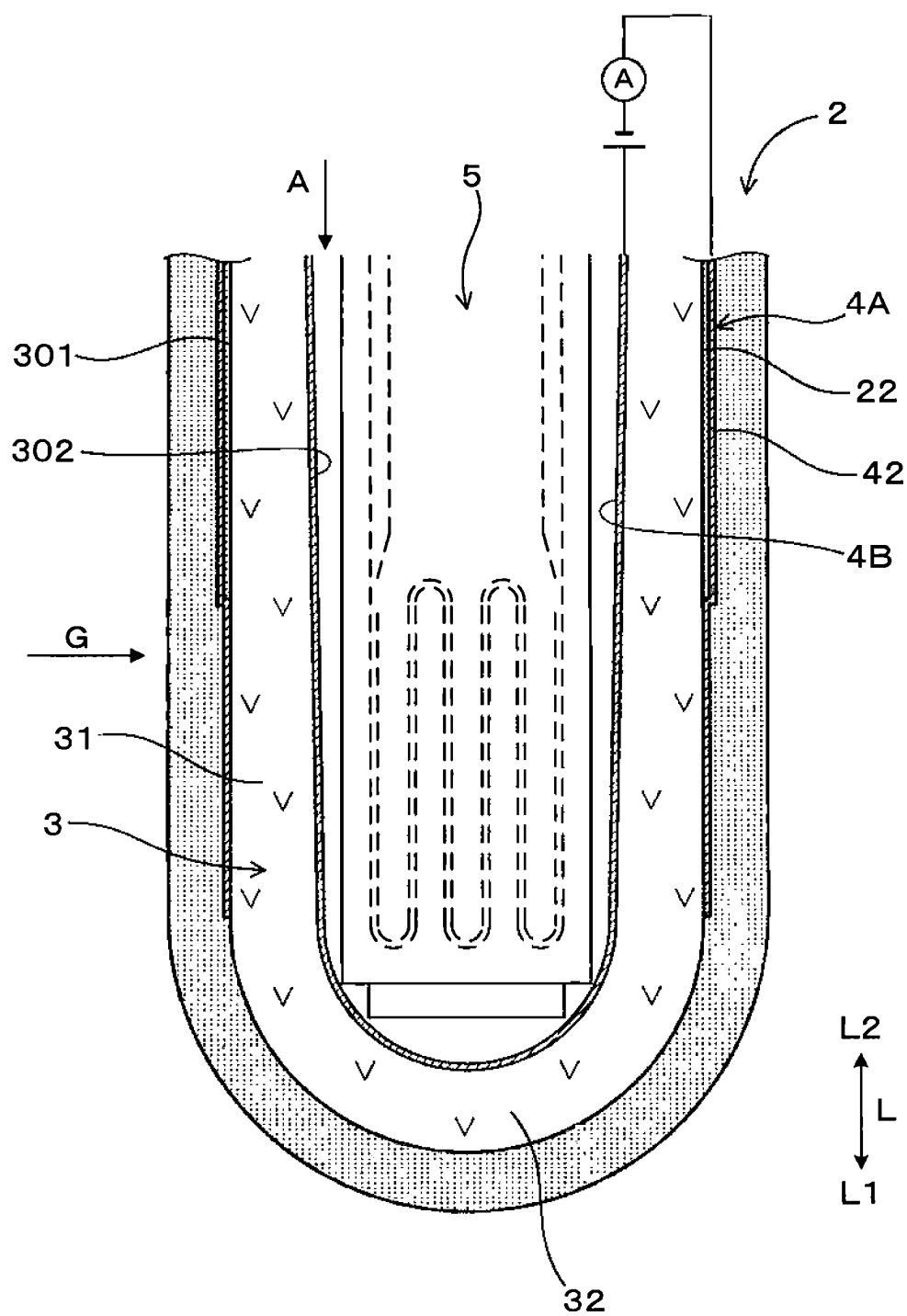




FIG.8

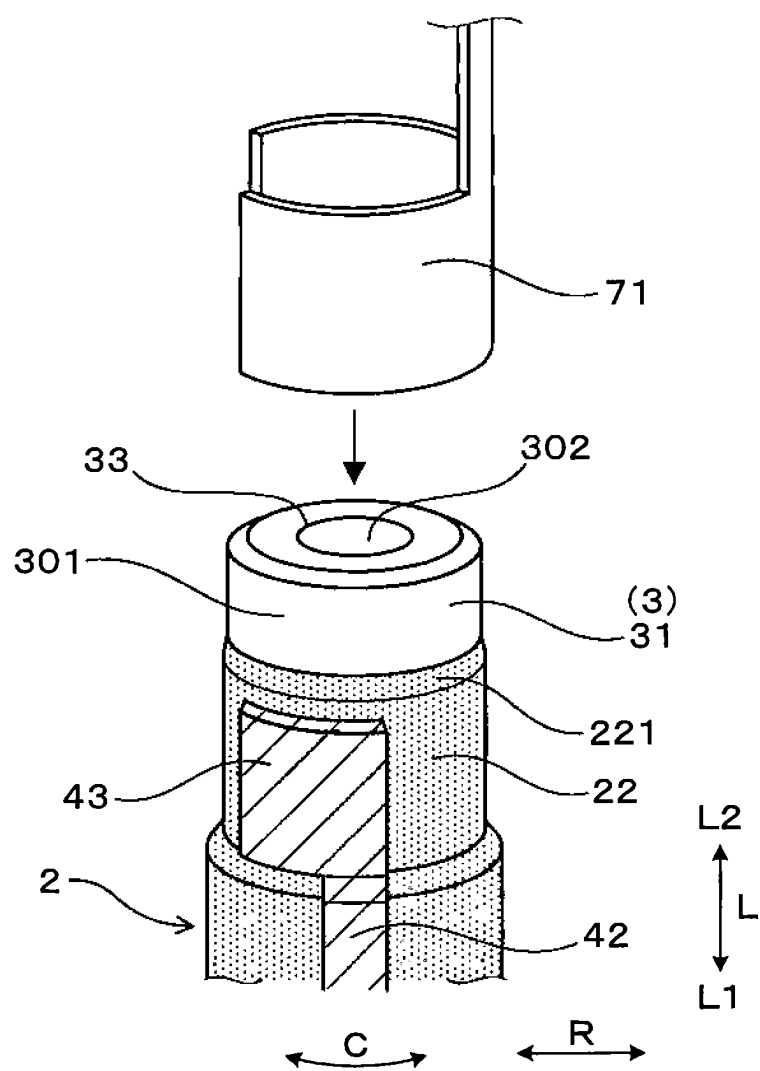


FIG.9

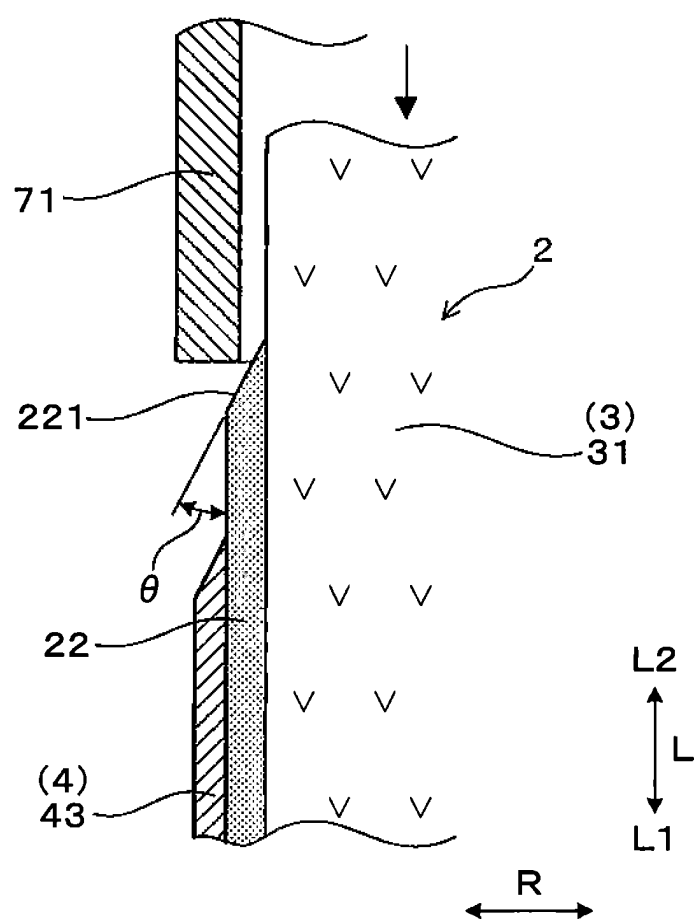


FIG.10

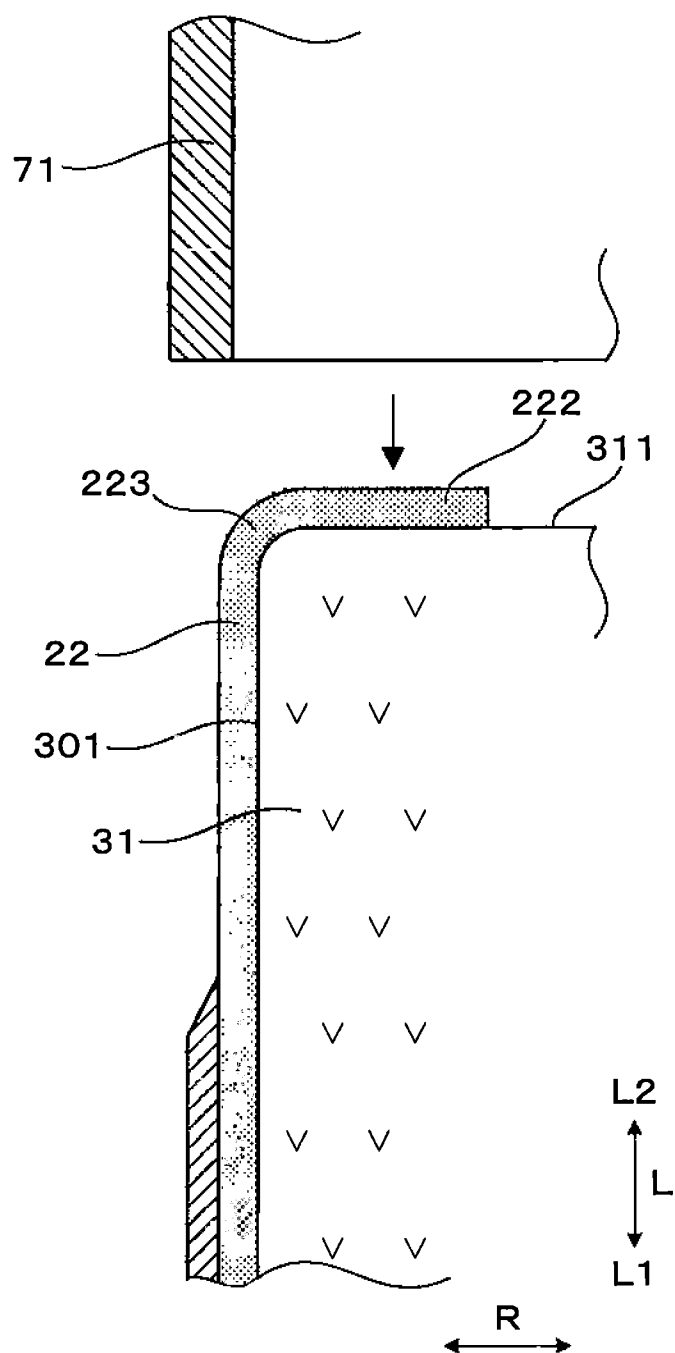


FIG.11

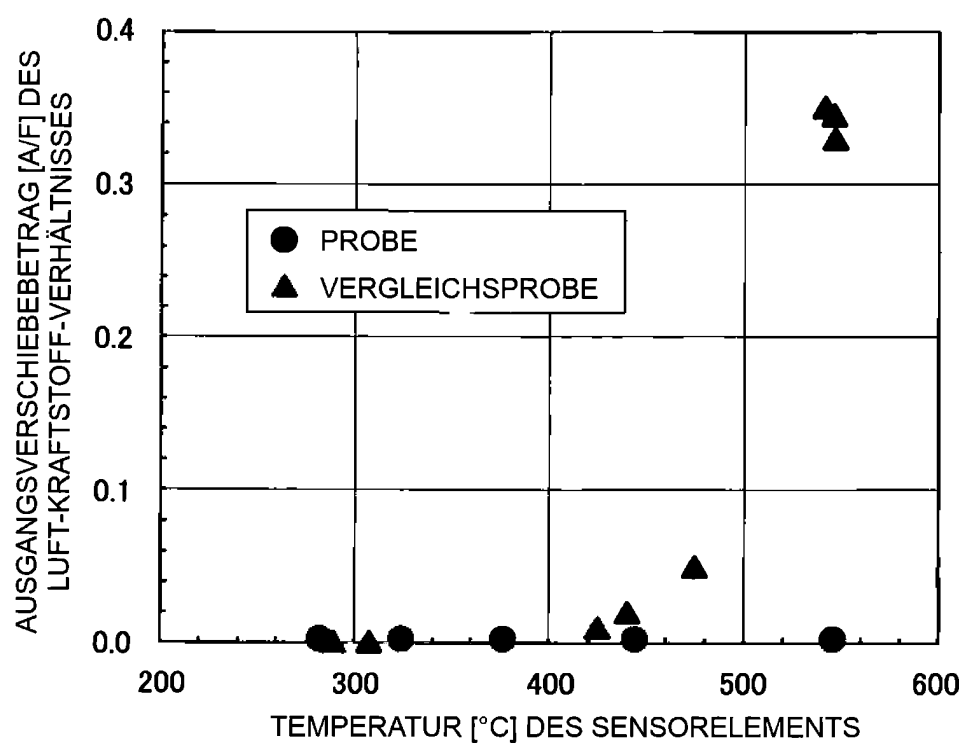


FIG.12

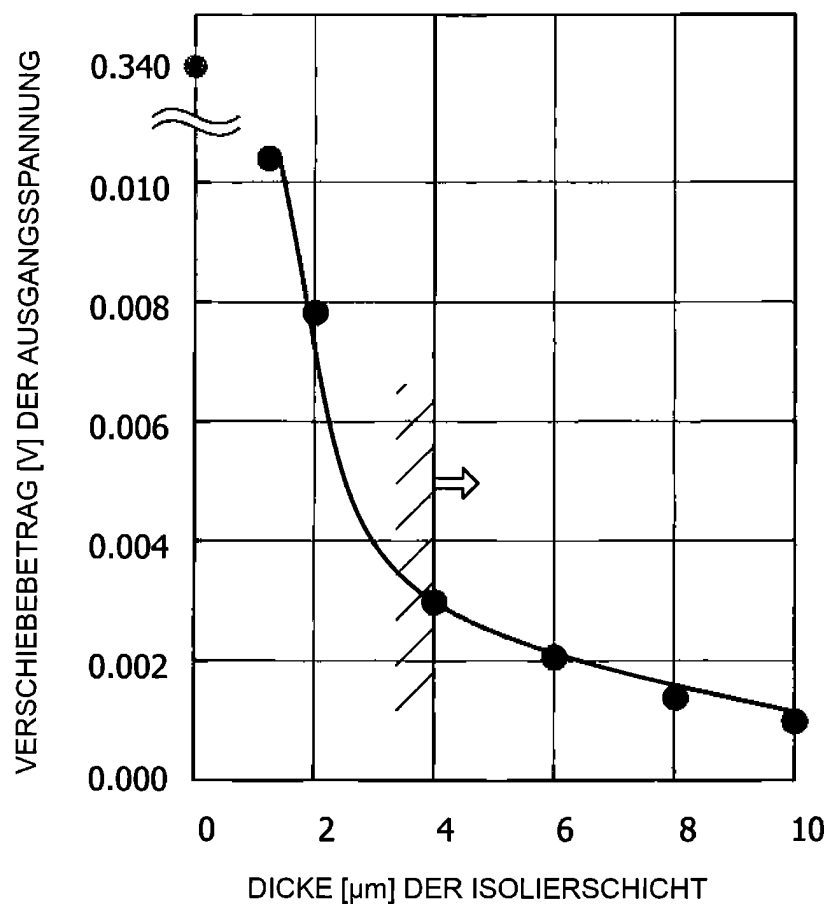


FIG.13

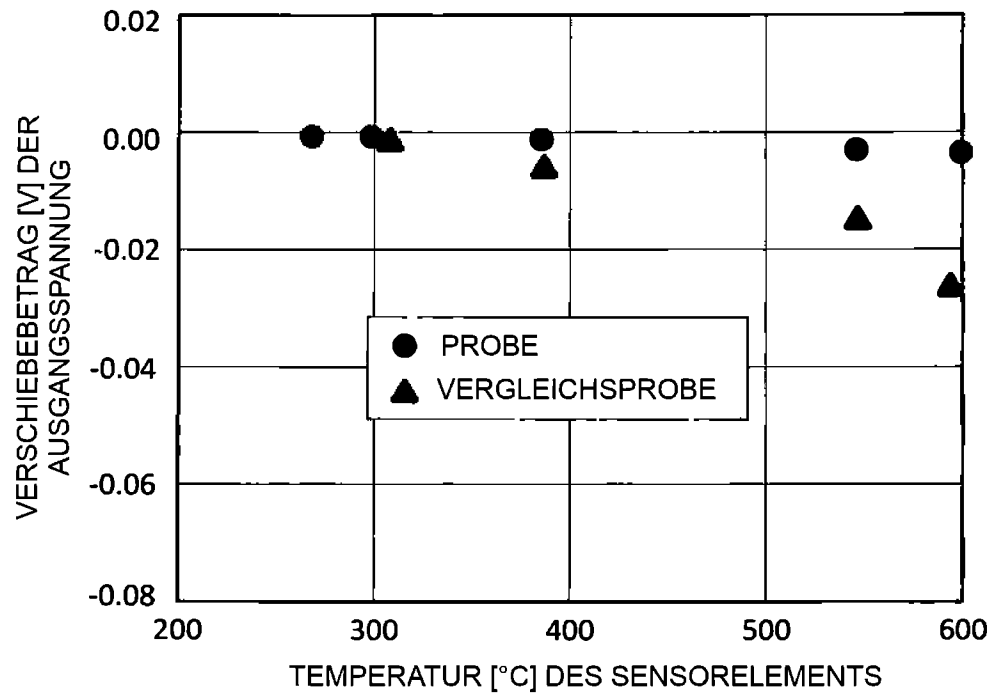


FIG.14

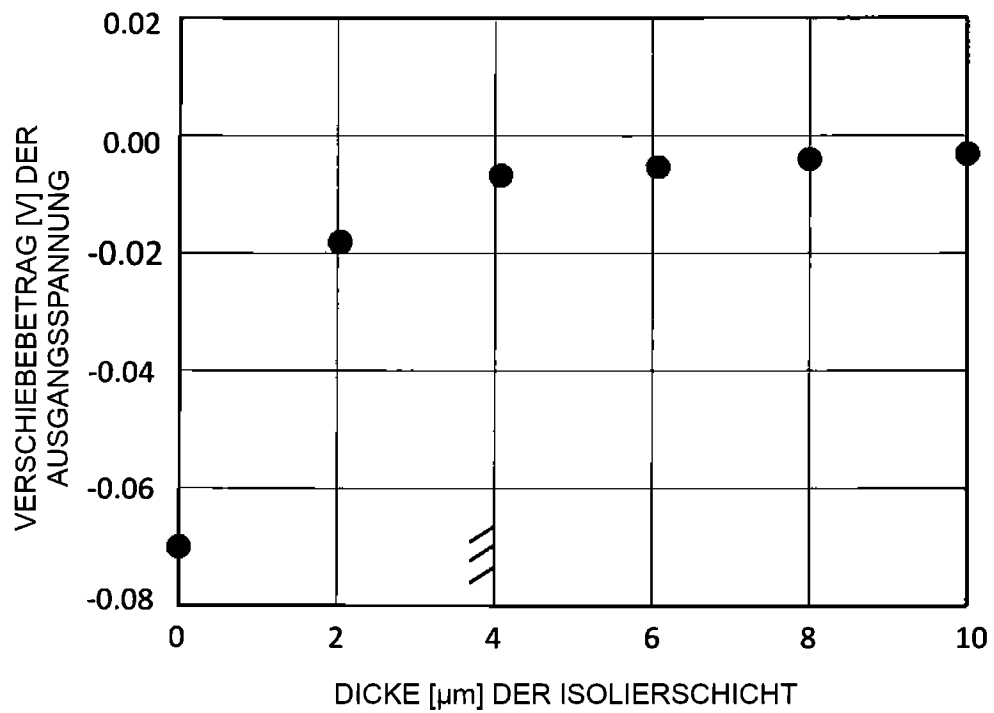


FIG.15

